Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XIV. Jahrgang. **Fünftes Heft.** September 1901.

Die preufsischen Lehrpläne und Lehraufgaben von 1901.

Von
F. Poske.

1. Im Anschlusse an die Verhandlungen der Juni-Conferenz von 1900 sind die Lehrpläne und Lehraufgaben für die höheren Schulen in Preufsen einer Revision unterzogen worden, die zu den jetzt vorgeschriebenen neuen Lehrplänen und Lehraufgaben geführt hat.

Der Besprechung der speziellen Lehrpläne für den naturwissenschaftlichen Unterricht[1]), die sich im wesentlichen, dem Charakter dieser Zeitschrift gemäfs, auf die Physik und die ihr zunächststehenden Gebiete beschränken mufs, seien einige allgemeine Bemerkungen vorausgeschickt. Vor allem ist mit Freude zu begrüfsen, dafs der Wille der obersten Schulbehörde, der freien Entwicklung Raum zu geben, in diesen Lehrplänen einen noch deutlicheren Ausdruck gefunden hat, als in den vorhergehenden. Die Lehrpläne bilden nur einen Rahmen, innerhalb dessen den einzelnen Anstalten wie den einzelnen Lehrern gemäfs ihrer Eigenart die Möglichkeit selbständiger und individueller Gestaltung des Unterrichts gelassen ist. Zu wünschen bleibt, dafs von dieser Möglichkeit der umfassendste Gebrauch gemacht werde; denn nur durch die schaffende und fortbildende Mitarbeit der unmittelbar im Unterrichtsbetrieb selbst Stehenden wird ein stetiger und gedeihlicher Fortschritt unseres Unterrichtswesens zu erreichen sein.

Mit Genugthuung wird es auch allseitig aufgenommen worden sein, dafs eins der gröfsten Hemmnisse freier und naturgemäfser Entwicklung des Unterrichts, der bisher vorgeschriebene „Abschlufs“ am Ende des sechsten Schuljahres, beseitigt ist. Damit ist insbesondere auch für die Naturwissenschaften die Nötigung fortgefallen, auf Ziele Rücksicht zu nehmen, die aufserhalb des organischen Ganges des Unterrichts liegen.

Wenn die hervorgehobenen beiden Vorzüge der neuen Lehrpläne mehr oder minder allen Unterrichtsfächern zu gute kommen, so steht dem auf seiten der Naturwissenschaften eine entschiedene und beklagenswerte Einbufse gegenüber. Es ist nicht zu verkennen, dafs die seit mehreren Jahrzehnten erfolgreich vorgedrungene Bewegung gegen das Übermafs der sprachlichen Ausbildung einen Rückschlag erlitten hat. An den altsprachlichen Gymnasien ist die Zahl der Lateinstunden um 6 (von 62 auf 68) erhöht und dadurch der naturwissenschaftliche Unterricht noch mehr als bisher zur Seite gedrängt worden[2]). Die vermehrten sprachlichen Stunden und die dafür nötige Vorbereitung nehmen die Arbeitskraft der Schüler in erhöhtem Mafse in Anspruch, so dafs für die „Nebenfächer“, und erst recht für eine etwa diesen zu gute

[1]) Der vollständige Text ist im vorigen Heft d. Ztschr. S. 249 abgedruckt.

[2]) General v. Funck (in den Verhandlungen der letzten Schulconferenz S. 107) führt aus der Denkschrift der Unterrichtsverwaltung von 1892 die Bemerkung an: Der ausgedehntere Betrieb des Lateinischen führe zur Überlastung der Schüler oder zur Beeinträchtigung der realen Bildung.

kommende private Beschäftigung so gut wie keine Mufse mehr bleibt. Das ist zu beklagen, aber es wird daran, so lange die jetzigen Lehrpläne gelten, nichts zu ändern sein. Gelegentlich der Verhandlungen der Juni-Conferenz hat ein sachkundiger Beobachter auf Grund des Besuchs einer Reihe höherer Lehranstalten eine auf den ersten Blick befremdende Bemerkung gemacht[3]). Er sagt aus, dafs in den Realanstalten die Schüler mit gespanntester Aufmerksamkeit die Versuche begleiteten und dafs ihre Antworten schnell und bestimmt den Fragen des Lehrers folgten; dagegen „glichen die Schüler in den oberen Gymnasialklassen einer langsam und unfreiwillig fortbewegten Masse; die Antworten kamen meist zögernd und unbestimmt und liefsen vielfach die Fähigkeit vermissen, aus den angestellten Versuchen die richtigen logischen Schlüsse zu ziehn". Der Verfasser des Gutachtens dürfte schwerlich fehl gehn, wenn er den wahren Grund dieser Erscheinung darin findet, „dafs die intensive Schulung des Geistes an den abgeschlossenen Formen der alten Sprachen die Fähigkeit zur frischen Erfassung der Vorgänge in der lebendigen Wirklichkeit und ihrer Verknüpfung zu einfachen logischen Schlüssen nicht recht zur Entfaltung kommen läfst". Wennschon der bezeichnete Übelstand nicht überall in gleichem Mafse auftreten mag, so entspricht er doch einem wohl von allen Fachlehrern an altsprachlichen Gymnasien empfundenen Mifsverhältnis zwischen der aufgewendeten Mühe und den damit erzielten Resultaten. Wir müfsten den Mut verlieren und die Arme sinken lassen, wenn wir nicht hoffen dürften, dafs die methodische Durchbildung des Unterrichtes, die wir heut im Kampf mit solchen Widerständen zu erreichen suchen, künftighin unter günstigeren Bedingungen ihre Frucht bringen wird.

Wie die altsprachlichen, so sind auch die Realgymnasien durch die rückflutende Welle des Übermafses sprachlicher Ausbildung geschädigt. Vermöge einer eigentümlichen Verkettung von Umständen ist grade der eifrigste Vorkämpfer der realistischen Bildung in jener Schulconferenz für die Vermehrung des Lateinunterrichts am R.-G. eingetreten. Aber er hat nicht gewollt, dafs diese Vermehrung auf Kosten des naturwissenschaftlichen Unterrichts stattfinde[4]). Und grade dies ist geschehn. Es ist nur eine Stunde, die dem naturwissenschaftlichen Unterricht in der U II des R.-G. genommen ist. Aber dieser Ausfall verursacht Schwierigkeiten, die den Erfolg des physikalischen Unterrichts dieser Stufe zu beeinträchtigen drohen. Davon wird nachher des näheren zu reden sein.

Nicht unerwähnt darf die völlig veränderte Lage bleiben, in die unsre höheren Schulen dadurch versetzt sind, dafs alle drei Schulgattungen als gleichwertig anerkannt sind, und dafs für alle die gleichen Berechtigungen in Aussicht stehn. Dadurch ist anscheinend einer jeden von ihnen die Möglichkeit gegeben, sich gemäfs ihrer „Eigenart" auszugestalten. Zu welcher bedenklichen, das Ideal der allgemeinen Bildung gefährdenden Consequenz dies bei den altsprachlichen Gymnasien führen kann, ist oben bereits angedeutet; und auch für die Realanstalten besteht eine nicht zu unterschätzende Gefahr in der Erweiterung der mathematischen Vorbildung, die von seiten der Technik angestrebt wird. Gegenüber solchen Neigungen ist immer wieder an die Forderung Bernhard Schwalbes zu erinnern, dafs unsre höheren Lehranstalten Stätten allgemeiner Bildung bleiben müssen[5]).

2. Wenden wir uns nun dem Lehrplan für das Gymnasium zu, so fällt hier durchgängig eine schärfere Fassung der Lehraufgaben in die Augen, die zugleich eine

[3]) Slaby, in den Gutachten, die als Anhang zu den Verhandlungen veröffentlicht sind. Ebd. S. 381.
[4]) Schwalbe in den Verhandlungen u. s. w. S. 125.
[5]) Verhandlungen S. 375, d. Ztschr. XIV 140.

Einschränkung des Umfanges auf das unbedingt Notwendige bedeutet. Dem physikalischen Unterricht auf der Unterstufe ist eine erhebliche Erleichterung dadurch zu teil geworden, dafs mit dem Wegfall des „Abschlusses“ auch die Forderung eines „möglichst abgerundeten Bildes der wichtigsten Lehren“ fallen gelassen ist. Demgemäfs sind Akustik und Optik aus dem Lehrgang der Unterstufe ganz ausgeschieden. Zu bedauern bleibt, dafs nicht das ganze Jahr der O III der Physik überwiesen ist, wie in dieser Zeitschr. (*V 169*) bereits bei Besprechung der Lehrpläne von 1892 vorgeschlagen wurde. Die Beschränkung der Lehre vom Bau des menschlichen Körpers auf ein Vierteljahr kann als ein Zugeständnis an die damals geltend gemachten Gründe angesehen werden. Aber die Ungleichartigkeit zwischen diesem Gegenstande und dem physikalischen Lehrstoff wird nun um so störender hervortreten. Indessen darf erwartet werden, dafs die Behörden, wie schon 1892, so auch jetzt dem Antrage auf Verlegung jenes Unterrichtes nach U III ihre Zustimmung nicht versagen werden[6]). Empfehlenswert dürfte in diesem Falle folgende Anordnung des Lehrstoffs sein, die sich bereits an mehreren Anstalten bewährt hat:

O III. Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper. Grundbegriffe der Wärmelehre. Mineralogisch-chemischer Vorkursus.

U II. Anfangsgründe der Chemie (als Fortsetzung des mineralogisch-chemischen Kursus). Einfachste Erscheinungen aus der Lehre vom Magnetismus und der Elektrizität.

Wenn der Jahreskursus zu Ostern beginnt, wird man im 1. Halbjahr der O III nicht weiter als bis zur Beendigung der Mechanik flüssiger Körper kommen, der Rest wird auf das 2. Halbjahr verlegt werden müssen. (Wo die Verschiebung der Anthropologie nach U III sich nicht ausführen läfst, wäre es wohl besser, die Grundbegriffe der Wärmelehre nach U II zu verlegen und vor Magnetismus und Elektrizität in demselben Halbjahr zu behandeln.) Bezüglich der Auswahl des Stoffes vergleiche man das früher (*V 169*) in dieser Zeitschrift Gesagte, hinsichtlich des mineralogisch-chemischen Vorkursus in O III ist zu beachten, dafs dieser um so nötiger erscheint, als sonst nirgends mehr auf die Mineralogie einzugehn Zeit und Gelegenheit ist. Das halbe Jahr, das der Chemie in U II bestenfalls zur Verfügung steht, reicht dafür bei weitem nicht aus, und eine Wiederholung der chemischen und mineralogischen Grundbegriffe in O II, die in den Lehrplänen von 1892 vorgeschrieben war, hat die Behörde selbst wieder fallen lassen, da ihr die Unmöglichkeit, auch dieser Forderung gerecht zu werden, nicht entgangen sein wird. —

Das Verhältnis zwischen dem Unterricht in der Naturbeschreibung einerseits und in Physik und Chemie (Naturlehre) anderseits bedarf bei dieser Gelegenheit noch einer weiteren Erörterung. Eine Auseinandersetzung zwischen beiden ist durch die Lehrpläne von 1892 bereits in Flufs gekommen, und die jetzigen Lehrpläne bedeuten einen weiteren, wenn auch nicht sehr beträchtlichen Schritt in dieser Richtung. Gegenüber der Naturbeschreibung zeigt besonders die Physik ein gewisses Expansionsbestreben, das durch den in dieser Zeitschrift oft hervorgehobenen Bildungswert des Gegenstandes und die in der letzten Zeit gemachten methodischen Fortschritte als berechtigt anerkannt werden mufs. Welche Gründe anderseits für eine Einschränkung des naturbeschreibenden Unterrichts namentlich auf der Mittelstufe sprechen, möge hier unerörtert bleiben. Vor allem ist das Interesse der Schüler in Betracht zu

[6]) Die in den „methodischen Bemerkungen“ am Schlusse des Abschnitts 5a dem R.-G. gegebene Ermächtigung wird auch dem Gymnasium nicht vorenthalten werden.

ziehn, das auf dieser Stufe viel mehr den physikalisch-chemischen Vorgängen, als der detaillierten Beschreibung von Formen der Lebewesen zugewendet zu sein pflegt, während für „Anatomie und Physiologie der Pflanzen“ die chemisch-physikalischen Vorkenntnisse noch fehlen. Die Lehrpläne tragen dem Rechnung, indem sie zulassen, dafs auf allen Stufen des naturbeschreibenden Unterrichts auch einfache Erscheinungen aus anderen Zweigen der Naturwissenschaft, „soweit sie zum Verständnis der lebenden Natur dienen können und über das Fassungsvermögen der Schüler nicht hinausgehen“, in den Bereich der Betrachtung gezogen werden. Diese Anordnung wird freilich erst dann nutzbringend für den Unterricht werden, wenn an jeder Anstalt, wo ihre Befolgung in Aussicht genommen ist, ein Kanon der physikalischen und chemischen Versuche aufgestellt wird, die auf den einzelnen Klassenstufen vorzuführen sind[7]). Geschieht dies nicht, so wird sich die Gefahr zusammenhanglosen und allzu unsystematischen Vorgehens nicht leicht vermeiden lassen.

Dafs einfache physikalische und chemische Erscheinungen einen angemessenen Unterrichtsgegenstand für Knaben von 12—14 Jahren abgeben, leuchtet jedem ein der auch nur einige Erfahrungen auf diesem Gebiet gemacht hat. Es liegt überdies aus Österreich, wo dieser Unterricht bereits im dritten Gymnasialjahr beginnt, eine langjährige Erfahrung dafür vor. Es wäre daher nicht allzu kühn, zu hoffen, dafs in künftigen — wenn auch nicht den nächsten — Lehrplänen der Beginn des Physikunterrichts auf U III verlegt würde. Dann liefse sich in drei Jahren bis einschl. U II etwas Ersprieſsliches auf diesem Gebiete leisten[8]). Dem gegenüber würde dann allerdings auf der Oberstufe ein Jahr auf die Erfüllung einer andern bisher unbeachtet gebliebenen Forderung zu verwenden sein, nämlich auf einen einjährigen Kursus in der Biologie. Was die jetzigen Lehrpläne in dieser Beziehung bieten, ist kaum erst ein Embryo zu nennen. Es wird allerdings gefordert, dafs ein Teil der Physikstunden auf der Oberstufe für einen physiologischen Kursus verwendet werde (L. u. L. S. 67 No. 4). Indessen angesichts der dem Physikunterricht zur Verfügung gestellten knappen Zeit wird dieser Kursus zumeist wohl darauf beschränkt bleiben, dafs in der Akustik und Optik einige der einfachsten physiologischen Grundthatsachen und Begriffe vorgeführt werden. Wünschenswert bleibt jedenfalls, dafs an einer und der andern Anstalt einmal ein Halbjahr (etwa das zweite der U I) für einen ausführlicheren physiologisch-biologischen Kursus verwandt werde.

Auf der Oberstufe des Gymnasiums ist gegen früher nur Wenig verändert. Aufser dem schon erwähnten Wegfall der chemisch-mineralogischen Wiederholung in O II ist noch bemerkenswert, dafs ausdrücklich auch für das Gymnasium vorgeschrieben wird, die grundlegenden Abschnitte der mathematischen Erd- und Himmelskunde in die mathematischen Stunden der I zu verlegen. Dadurch ist eine willkommene Entlastung der Physik bewirkt, es braucht künftighin nicht mehr ein volles Halbjahr auf diesen Gegenstand verwendet zu werden, und es ist Raum geschaffen für die überaus wünschenswerten „Wiederholungen und Ergänzungen aus dem ganzen

---

[7]) Die Lehrbücher von W. Zopf, der seit Jahren für eine solche Art des Unterrichts eingetreten ist, geben in dieser Hinsicht beachtenswerte Anleitungen.

[8]) Den Anfang mit einer solchen Einteilung könnten die 6-klassigen Realschulen machen, in deren Lehrplan bis jetzt die Naturlehre einen unverhältnismäfsig geringen Raum einnimmt. Die Berliner Realschulen haben bereits einen derartigen Lehrplan mit 2 St. Physik und 2 St. Naturbeschreibung in U III, doch ist der Erfolg dadurch beeinträchtigt, dafs unzweckmäfsiger Weise Elektrizität und Magnetismus an den Anfang gestellt sind, ohne auf einer höheren Stufe noch einmal aufzutreten.

Gebiet". — Angesichts der mannigfachen Vorschläge zu einer anderweitigen Verteilung des Lehrstoffs der drei obersten Klassen ist es von Wichtigkeit, dafs die Lehraufgaben von einer Klassenstufe auf die andre verschoben werden dürfen. Es ist demnach auch zulässig, wie von mehreren Seiten gewünscht worden, die Mechanik nach O II, dagegen die Elektrik nebst Magnetismus nach O I zu legen. — Entgegen gewissen Zweifeln, die auf Direktoren-Conferenzen aufgetaucht sind, ist die mathematische Behandlung der Hauptgesetze für die Oberstufe aller Anstalten, also auch des Gymnasiums, vorgeschrieben. Es wird indessen, wie an andrer Stelle dargelegt[9]), auch ins Auge gefafst werden können, dafs gewisse mathematische Bestandteile des physikalischen Pensums, gleich den Grundlagen der mathematischen Geographie, in den mathematischen Stunden zur Behandlung kommen. — Die Vorschrift endlich, dafs der Unterricht in der theoretischen Optik sich (besonders in der Lehre von der Polarisation und Doppelbrechung) auf die wichtigsten Erscheinungen zu beschränken habe, geht für Gymnasien schon über die wünschenswerte Begrenzung hinaus und wird von der Behörde nicht allzu streng aufrecht erhalten werden können; selbst für R.-G. empföhle es sich, auf grund vorhandener Erfahrungen, es dem Ermessen des Lehrers zu überlassen, wie viel oder wie wenig er von Polarisation und Doppelbrechung durchnehmen will.

3. Am Realgymnasium ist durch den Wegfall der fünften Stunde in der U II die bereits eingangs erwähnte Schwierigkeit hervorgerufen. Zwar haben die Lehrpläne einen Ausgleich dadurch herbeizuführen gesucht, dafs dem naturbeschreibenden Unterricht in O III zwei Stunden eines Halbjahrs genommen und dem Physikunterricht überwiesen sind. Wenn dies auch rein rechnungsmäfsig einen Ausgleich ergiebt, so wird doch die Personenfrage vielfach störend dazwischen treten. An den meisten R.-G. liegen Naturbeschreibung und Physik in den Händen verschiedener Lehrer; es träte also — wenn von der ganz zu verwerfenden Zuteilung von je 1 Stunde an jeden der Lehrer abgesehen wird — die Nötigung ein, innerhalb eines Schuljahres zwei naturwissenschaftlichen Lehrern, jedem für ein Semester, den Unterricht zu übertragen. Dafs dies nicht wohl angeht, liegt auf der Hand. Und auch der Ausweg, dafs etwa der Lehrer der Naturbeschreibung zugleich den physikalischen Unterricht im andern halben Jahr übernimmt, führt zu naheliegenden Mifsständen.

Man könnte daran denken, den für U II angesetzten vorbereitenden Lehrgang der Chemie und Mineralogie an die Stelle des physikalischen Lehrganges der O III zu legen und dem Lehrer der Naturbeschreibung zu übertragen; dies würde im allgemeinen nicht so sehr den vorher erhobenen Bedenken ausgesetzt sein. Doch spricht dagegen, dafs die R.-G. dem chemisch-mineralogischen Vorkursus bisher in der Regel nur eine weit geringere Stundenzahl zugewiesen haben, um für die Physik hinreichend Zeit zu behalten.

Um zu befriedigenden Lösungen des hier vorliegenden Problems zu gelangen, ist zu beachten, dafs die Lehrpläne mit Absicht nicht vorgeschrieben haben, wie viele von den 4 Stunden der U II auf die Naturbeschreibung und wie viele auf die Physik zu verwenden sind. Erwägt man den Umfang des auf beiden Gebieten zu erledigenden Lehrstoffs und nimmt man hinzu, dafs am Gymnasium ein Vierteljahr lang 2 Stunden für den anthropologischen Kursus als ausreichend erachtet sind, so wird es zulässig erscheinen, dafs von den 4 Stunden eine auf die Naturbeschreibung und drei auf die Physik entfallen. Die so für die Naturbeschreibung sich ergebende

[9]) Vgl. d. Heft S. 309.

Stundenzahl würde mit 2 Stunden während eines Halbjahres gleichbedeutend sein. Verschiebt man ferner noch das für O III angesetzte Halbjahr Naturbeschreibung nach U II, so erhält man folgende Verteilung:

O III 2 St.: Vorbereitender physikalischer Lehrgang I (wie am Gymnasium).
U II 2 St.: Vorbereitender physikalischer Lehrgang II. —
2 St.: Anatomie und Physiologie der Pflanzen u. s. w. Niedere Tiere und Überblick über das Tierreich. Anatomie des Menschen u. s. w.

Gleichwertig hiermit wäre auch eine Verteilung in folgender Art, wobei der naturbeschreibende Unterricht in O III abschlösse[10]):

O III 2 St.: Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Niedere Tiere u. s. w. Anatomie des Menschen u. s. w.
U II 4 St.: Vorbereitender physikalischer Lehrgang I und II.

Erweist sich das Pensum in der Naturbeschreibung als zu umfangreich, so könnten die niederen Tiere z. Teil auf die vorausgehenden Klassen zurückverlegt werden, wie dies am Gymnasium geschieht. Es läfst sich nicht in Abrede stellen, dafs durch die vorstehenden Vorschläge im Vergleich zu früher eine Verkürzung des naturbeschreibenden Unterrichts bewirkt wird. Doch dürfte dies, wie bereits beim Gymnasium dargelegt, der natürlichen Tendenz der Entwicklung auf diesem Gebiet wie auch der Absicht der Lehrpläne selbst entsprechen. Der vorbereitende Kursus in der Chemie würde, wie auch die „methodischen Bemerkungen" anordnen, je nach Umständen der Naturbeschreibung oder der Physik zuzuweisen sein.

Von dem Vorhandensein gewisser persönlicher Vorbedingungen wird es abhängen, ob der angedeutete Ausfall dadurch ausgeglichen werden kann, dafs der (in den method. Bem. No. 4) für die Oberstufe vorgesehene physiologische Kursus, wie schon beim Gymnasium angedeutet, zu einem vollständigen chemisch-biologischen Kursus am besten wohl in U I, parallel mit der dort anzusetzenden Mineralogie erweitert wird. Das Bedürfnis nach einem solchen ist in letzter Zeit mehrfach laut geworden, und es wäre sehr zu wünschen, dafs, wo die Vorbedingungen dafür erfüllt sind, der Verwirklichung näher getreten würde.

Unter besonderen lokalen und persönlichen Verhältnissen werden noch andere Anordnungen des Stoffes auf den beiden Stufen O III und U II in Vorschlag kommen können.

Dafs für derartige Gestaltungen des Lehrplans, wie die oben angegebenen, die Genehmigung von seiten der vorgesetzten Behörden nicht versagt werden würde, glaubt der Verfasser nach den von ihm eingeholten Informationen versichern zu dürfen. Es entspricht dies nur der Zusage, die in den methodischen Bemerkungen unter No. 5a gegeben ist[11]).

Sollte an einer Anstalt die Verkürzung des naturbeschreibenden Unterrichts keinen Beifall finden, so bietet sich noch ein anderer Ausweg dar, der auch von dem verewigten G. R. Direktor Schwalbe für den Fall der Verminderung der naturwissen-

[10]) Man vergleiche hierzu auch in den Verhandlungen der Direktorenversammlung von Schlesien 1897 die These: „Auf dem R.-G. ist der Unterricht in Botanik und Zoologie in O III abzuschliessen, so dafs in U II (neben 3 Stunden Physik) 2 St. Zeit für den propädeutischen Unterricht in Chemie und Mineralogie gewonnen werden".

[11]) „Auch ist unter besonderen Umständen ... eine andere Verteilung des naturwissenschaftlichen Lehrstoffes auf die beiden Klassen O III und U II statthaft, vorausgesetzt, dafs dadurch die Lehraufgaben der genannten Klassen im ganzen keine Kürzung erfahren."

schaftlichen Stunden in U II in Aussicht genommen war. Es müfste die Zustimmung der Behörde dazu eingeholt werden, dafs die vereinzelte, für die Erdkunde angesetzte Stunde auf die Physik übertragen wird. Dies ist nicht so fernliegend, wie es auf den ersten Blick scheint, denn das Pensum der U II in der Erdkunde bilden, neben Wiederholungen und Ergänzungen der Länderkunde Europas, die Elemente der mathematischen Erdkunde, für die ohnedies (auf der Oberstufe) von den Lehrplänen selbst der Lehrer der Mathematik oder Physik als besonders geeignet anerkannt wird. Allerdings wäre dann die mathematische Erdkunde auf die Physik zu übernehmen, es würde aber auch schwerlich etwas dagegen zu sagen sein, wenn dieses wichtige Kapitel in den mathematischen Stunden der U II im Anschlufs an die Trigonometrie und Stereometrie behandelt würde. Hinreichende Zeit dafür dürfte dort am ehesten zu erübrigen sein, und es entspräche dieses Verfahren durchaus dem Umstande, dafs auch auf der Oberstufe die mathematische Erdkunde in die Hand des Mathematikers gelegt ist. Auf diese Weise würde das bisher arg vernachlässigte Kapitel auch ohne weiteres zu einer seiner Bedeutung angemessenen Behandlung kommen. Andererseits würden, wenn die Geographie als selbständiges Unterrichtsfach bestehen bleibt, manche Kapitel der Naturbeschreibung von dieser übernommen werden können, wie die ausländischen Kulturgewächse, die Vegetationsformen der Wälder, Steppen u. s. w.

Hinsichtlich des Umfangs und der Anordnung des Stoffes wird ähnliches gelten können wie für die Unterstufe am Gymnasium. Dafs insbesondere die Mechanik und nicht die Elektrizitätslehre an den Anfang gestellt ist, entspricht durchaus naturgemäfsen pädagogischen Erwägungen. Denn den Ausschlag geben darf nicht die Auffälligkeit der Experimente, sondern vielmehr die Einfachheit und Durchsichtigkeit der Vorgänge, durch die sich die Mechanik vor allen andern Abschnitten der Physik auszeichnet. —

Auf der Oberstufe des Realgymnasiums sind für die Physik keine wesentlichen Änderungen eingetreten. Auch hier gilt, was oben schon beim Gymnasium hinsichtlich der Vertauschbarkeit der Klassenpensen gesagt ist. Im Lehrstoff der O II ist zu „Magnetismus und Elektrizität“ wie beim Gymnasium hinzugefügt: „besonders Galvanismus“; daraus wird der Schlufs zu ziehen sein, dafs auf der Unterstufe die Reibungselektrizität zu überwiegen hat. In das Pensum der I sind neben den Strahlungserscheinungen der Wärme auch die der Elektrizität aufgenommen, was durch die theoretische wie praktische Bedeutung dieser Erscheinungen vollauf gerechtfertigt ist. Den physikalischen Schülerübungen ist durch die veränderte Fassung der methodischen Bemerkungen (No. 5c) eine selbständigere Stellung zugestanden; überdies ist daraus zu entnehmen, dass der fakultativen Einrichtung solcher Übungen auch am Gymnasium keine prinzipiellen Hindernisse entgegenstehen.

Erhebliche Änderungen haben die Vorschriften für die Chemie erfahren. Für die O II ist angesetzt: „Methodische Einführung in die Chemie. Grundzüge der Atomenlehre. Chemische Zeichensprache.“ Die frühere Vorschrift dagegen hiefs: „Allgemeine chemische Begriffe. Metalloide. Stöchiometrische Aufgaben.“

Es mufs unumwunden gesagt werden, dafs die vorgenommene Änderung keine glückliche ist. Sollte etwa beabsichtigt sein, einer bestimmten Art der Methodik Vorschub zu leisten, so würde dies dem Geist der Lehrpläne widersprechen, der durchweg dem selbständigen Ermessen des Lehrers vertrauensvoll freien Spielraum läfst. Dafs aber überhaupt methodisch zu Werke gegangen wird, ist so selbstverständlich und für alle Zweige der Naturwissenschaft anerkannt, dafs es für die Chemie nicht besonders betont zu werden braucht. Dadurch dafs die systematische Behandlung

der wichtigsten Grundstoffe nach I verlegt wird, ist überdies der Schein hervorgerufen, als ob eine zusammenhängende Behandlung der Metalloide von der Unterstufe ausgeschlossen sein solle. Doch ist dies wohl nicht beabsichtigt. Den Stoff für eine Einführung in die Chemie werden stets die Metalloide abgeben, mag man immerhin (etwa nach Arendt) gewisse Vorgänge an Metallen in die Betrachtung einflechten oder ihr vorausschicken; bei den Metalloiden werden auch die „allgemeinen chemischen Begriffe“ am besten verdeutlicht. Es ist daher kein Grund einzusehn, weshalb die frühere klare Vorschrift mit einer so unbestimmten wie die jetzige vertauscht ist. (Denn es dürfte kaum die frühere Vorschrift etwa derart mifsverstanden worden sein, dafs die „allgemeinen chemischen Begriffe“ in besonderer Einleitung vor den Metalloiden in dogmatischer Form behandelt worden wären.)

Schwer zu verstehn ist auch, was mit den „Grundzügen der Atomenlehre“ gemeint ist. Es wird die Mifsdeutung nicht fernzuhalten sein, dafs hier theoretische Auseinandersetzungen über die Atomtheorie statthaft sind, was mit jeder gesunden Didaktik im Widerspruch stände. Eine Deutung der Beziehungen zwischen Atomgewicht und Volumen gehört unzweifelhaft in die Prima (man vgl. auch d. Zeitschr. *II 105*, *IV 113*). Die „Grundzüge der Atomenlehre“ werden also auf eine Erläuterung des Begriffs Atomgewicht eingeschränkt werden müssen, und dies war bereits, wenn auch weniger anspruchsvoll, in der früheren Fassung „Allgemeine chemische Begriffe“ enthalten. Dasselbe gilt von der „chemischen Zeichensprache“, die jetzt als besonderer Teil der Lehraufgaben erscheint.

Man wird der nun einmal gegebenen Vorschrift der Lehrpläne gerecht werden können, wenn man sich auf die Behandlung der wichtigsten Metalloide beschränkt, diese aber in methodischer Weise an gewisse besonders wichtige Vorgänge oder Ausgangskörper (insbesondere Naturkörper) anschliefst. Hierbei werden sich auch die chemischen Grundbegriffe soweit entwickeln lassen, dafs man bis zur „chemischen Zeichensprache“ und zum „Atombegriff“ gelangt.

Endlich dürfte auch für die Verlegung der „stöchiometrischen Rechnungen“ nach I kein zwingender Grund vorhanden sein. Bisher haben sich diese Rechnungen schon auf der ersten Stufe als ein wertvolles methodisches Hilfsmittel zur Befestigung der gewonnenen Einsichten erwiesen. Es wird angenommen werden können, dafs durch die jetzige Fassung leichtere stöchiometrische Aufgaben auch für den Anfangskursus nicht ausgeschlossen werden sollen; überdies könnte auch das Argument der Verschiebbarkeit der Pensen auf der Oberstufe für eine solche Erweiterung geltend gemacht werden.

Auf der Oberstufe ist die frühere Ungewifsheit, ob auch Abschnitte der organischen Chemie am R.-G. gelehrt werden dürfen, dadurch beseitigt worden, dafs die Behandlung auch einiger organischer Verbindungen vorgeschrieben ist, während „einige zusammenhängende Abschnitte aus der organischen Chemie“ den O.-R. vorbehalten sind. In Wirklichkeit wird sich die Abgrenzung wohl so vollziehn, dafs auch am R.-G. nicht einzelne herausgerissene Körper, sondern gewisse zusammenhängende Gruppen von solchen im Anschlusse an die Systematik des ganzen Gebiets behandelt werden, und dafs an der O.-R. der Kreis nur etwas weiter gezogen wird.

Die Mineralogie und Krystallographie, die in den Lehrplänen von 1892 ganz weggelassen war, ist gemäfs den mehrfach hervorgetretenen Wünschen nach I verlegt und wird in der Regel wohl in U I durchgenommen werden. Zum erstenmal ist auch die Ausdehnung auf Geognosie und Geologie vorgeschrieben und damit die Möglichkeit gegeben, die Schüler über gewisse grundlegende Thatsachen der heutigen Welt-

ansicht in sachlich angemessener Weise zu belehren. Hierin liegt auch eine Entlastung des geographischen Unterrichts und ein weiterer Beweggrund dafür, die eine geographische Stunde in U II, wie oben angegeben, an die Naturwissenschaft zu übertragen. —

Für die Oberrealschule gelten im ganzen dieselben Bestimmungen wie für das Realgymnasium, nur entfällt hier die Verkürzung des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf der Mittelstufe. —

Für die Realschulen hätte man, nachdem sie eine Reihe von Jahren bestanden haben, Bestimmungen erwarten dürfen, die ihrem Charakter als selbständige Lehranstalten in höherem Grade Rechnung tragen, als dies durch die blofse Parallelisierung ihres Lehrplans mit dem der Unterstufe der höheren Realanstalten geschieht. Namentlich das Verhältnis der Naturbeschreibung zur Naturlehre bedürfte hier wohl einer anderweitigen Regelung[12]), vielleicht auch das Verhältnis der letzteren zur Mathematik. Doch scheint es, als ob bestimmte Organisationsvorschläge von seiten der Nächstbeteiligten nicht an die Behörde herangetreten sind, andernfalls wäre wohl ein Schritt in der bezeichneten Richtung erfolgt. —

Zum Schlufs sei noch darauf hingewiesen, dafs die „Methodischen Bemerkungen“ eröffnet werden mit der Aufstellung einiger allgemeiner Gesichtspunkte bezüglich des Zieles und der Aufgabe des Unterrichts. Es heifst dort: „Bei dem Unterricht in den Naturwissenschaften ist die Aneignung einer Summe einzelner, im Leben verwendbarer Kenntnisse, so schätzbar sie an sich ist, doch nicht das Endziel, sondern nur ein Mittel zur Förderung der allgemeinen Bildung“. Dies trifft völlig mit der oben erwähnten Auffassung Bernhard Schwalbes zusammen. Es ist damit ein überaus wichtiges Prinzip ausgesprochen, das, da es für alle Gattungen höherer Schulen gilt, bereits die Entscheidung der Frage in sich schliefst, ob es richtig ist, dafs unsre höheren Realanstalten mehr und mehr in das Fahrwasser der Fachvorbildung für technische Berufe einlenken.

Wenn an derselben Stelle weiterhin gesagt wird, der Schüler „soll auch, soweit dies auf der Schule möglich ist, die Wege verstehen lernen, auf denen man zur Erkenntnis dieser Gesetze gelangt ist und gelangen kann“ — so dürfen wir darin wohl eine Anerkennung von Bestrebungen erblicken, die in dieser Zeitschrift seit ihrer Gründung zum Ausdruck gelangt sind. Uns Lehrer der Naturwissenschaft in erster Reihe geht auch eine Aufforderung an, die in den „Methodischen Bemerkungen für das Deutsche“ (L. u. L. S. 22) steht. Dort ist von der Unterweisung in der philosophischen Propädeutik gesagt: „Aufgabe einer solchen Unterweisung ist es, die Befähigung für logische Behandlung und spekulative Auffassung der Dinge zu stärken, und dem Bedürfnis der Zeit, die Ergebnisse der verschiedensten Wissenszweige zu einer Gesamtanschauung zu verbinden, in einer der Fassungskraft der Schüler entsprechenden Form entgegenzukommen. Zu wünschen ist, dafs zur Förderung dieser Aufgabe auch die Vertreter der übrigen wissenschaftlichen Lehrfächer beitragen“. Durch Mitarbeit in der hier bezeichneten Richtung wird es möglich sein, das was in dieser Zeitschrift wiederholt als die humanistische Aufgabe des Physikunterrichts bezeichnet worden ist, der Verwirklichung näher zu führen.

[12]) Man vergleiche das in Fufsnote 6 Gesagte.

Die gewöhnliche Darstellung der Mechanik und ihre Kritik durch Hertz[1]).

Von

Paul Volkmann, Professor der theoretischen Physik an der Universität Königsberg i. Pr.

1.

Hertz hat in der Einleitung zu seinen Prinzipien der Mechanik an erster Stelle ein Bild der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik skizziert, um daran bei aller Anerkennung ihrer zahllosen Erfolge eine Kritik zu üben, welche sein Unternehmen auch in historischer Hinsicht rechtfertigen soll, die Mechanik in neuem Zusammenhang darzustellen.

So treffend eine ganze Anzahl seiner Bemerkungen erscheint, so sehr es begrüfst werden mufs, wenn eine so fundamentale Disziplin, wie es die Mechanik ist, eine neue Darstellung erfährt, so sehr hat seine Kritik der historischen Mechanik in mancher Hinsicht über das Ziel hinausgeschossen. Es erscheint um so notwendiger, die Hertzsche Kritik der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik einmal einer Besprechung zu unterziehen und sie in ihren Hauptpunkten zu präzisieren, als viele Physiker, zu historischen Studien wenig geneigt, auch in der Beurteilung der Newtonschen Mechanik der in so vielen anderen Dingen wohlbewährten Autorität von Hertz zu folgen willens sein werden.

Jede schiefe Beurteilung oder gar Unterschätzung der historischen Mechanik kann aber um so leichter für die weitere Entwickelung der physikalischen Disziplin verhängnisvoll werden, als die jüngere Generation, ohnehin dem Eindruck des Neuen zugänglicher, von dem Studium älterer Klassiker mehr als wünschenswert abgelenkt wird. Es könnte dann im weiteren Verlauf der Entwickelung der Wissenschaft leicht so kommen, dafs nach vielen Umwegen schliesslich Dinge für die Grundlegung der Mechanik und Physik als notwendig erachtet und hingestellt werden, welche sich bereits sehr schön in der Darstellung älterer Klassiker auseinandergesetzt finden.

Es wird hierbei zu berücksichtigen sein, dafs jede Zeit ihre wissenschaftliche Stärke in einer besonderen Richtung sieht und walten läfst, und dafs sie ihre intellektuellen Kräfte in dieser Richtung entwickelt. Wie die Geschichte der Völker und Staaten Gipfelpunkte des künstlerischen und religiösen Lebens aufweist, welche späteren Generationen verloren gehen und als ein zunächst nicht wieder so leicht und ohne weiteres erreichbares Ideal vorschweben mögen, so finden auch in der Geschichte der Wissenschaften Zeiten der Grundlegung durch Zeiten des Ausbaues ihre Ablösung. Jede solche irgendwie charakterisierte Zeitperiode läfst das Verständnis für die Angemessenheit irgend welcher Betrachtungsweisen in demselben Mafse schwinden, als sie die Fähigkeiten nach anderen Richtungen weckt und fördert. Die naturgemäfse Entwickelung der Wissenschaft scheint es auf diese Weise mit sich zu bringen, dafs die Aufmerksamkeit und Wertschätzung von den Elementen abgelenkt wird, deren Auseinandersetzung und Untersuchung das Studium der Erkenntnis niemals ganz entraten kann und darf.

Von diesem psychologisch durchaus begreiflichen Standpunkt aus ist es sehr wohl erklärlich, dafs in Zeiten des Ausbaues eine von Hause aus gesunde und angemessene Fun-

[1]) Der vorliegende Aufsatz war abgeschlossen, als die vierte Auflage der Mechanik von E. Mach erschien. In dieser neuen Auflage widmet Mach Seite 269—276 der Besprechung der Hertzschen Mechanik, die in der dritten Auflage von 1897 nur kurz gestreift war, einen besonderen Abschnitt. Zu meiner besonderen Freude besteht vollständige Übereinstimmung zwischen Mach und mir in der Auffassung, dafs Hertz der gewöhnlichen Mechanik weder historisch noch kritisch gerecht geworden ist. Bei dem grofsen Einflufs, den die Hertzsche Beurteilung der gewöhnlichen Mechanik besonders auf die jüngere Generation auszuüben scheint, dürfte meine vorliegende ausführlichere Publikation durch die kurze mehr skizzenhafte Besprechung bei Mach Seite 271 kaum als überflüssig befunden werden.

damentierung des wissenschaftlichen Systems der Mechanik in ihrer Bedeutung unterschätzt und durch eine weniger vollkommene ersetzt erscheint. Im Gegensatze dazu scheint Hertz (Seite 6) von der meines Erachtens anfechtbaren, geschichtlich jedenfalls ungerechtfertigten Voraussetzung auszugehen, dafs jede Zeit alle Errungenschaften und Vorzüge vergangener Zeiten einfach und voll in sich aufnimmt. Nein, ein guter Teil geht in Überschätzung des Neuen für eine Zeit verloren, und so wird es gar nicht überraschend erscheinen, logische Unvollkommenheiten in sonst sehr brauchbaren Darstellungen der Mechanik aufzufinden, welche sich als ein gewisses, undefinierbares Mixtum compositum einer Entwickelung darstellen, das bei nicht immer gleicher Sorgfalt und bei nicht immer gleichen Anforderungen sich mit der Fundamentierung des Ganzen abzufinden sucht.

Wenn mich meine Wahrnehmung nicht täuscht, — und die Mechanik von Hertz ist mit ein Beweis dafür — ist die gegenwärtige Zeitperiode einer strengen Betrachtung der Grundlagen der Wissenschaft sehr wohl zugethan, und die Bemerkung von Hertz über die „wachsende Sorgfalt, welche in den neueren Lehrbüchern der Mechanik der logischen Zergliederung der Elemente gewidmet wird“ (Seite 10), ist gewifs zutreffend.

Auf eine strenge Betrachtung der Grundlagen aber in noch viel höherem Grade, als die Gegenwart, geradezu angewiesen war die Zeit, in der diese Grundlagen — wenigstens in ihren ersten Zügen — geschaffen wurden. Kann es uns da wunderbar erscheinen, wenn wir gerade in Newtons Prinzipien manche Dinge und Auseinandersetzungen zu suchen haben werden, die noch heute in vieler Hinsicht uns vorbildlich sein können? wenn wir die Stärke der an Newton knüpfenden späteren Entwickelung nicht immer gerade in den Versuchen einer veränderten Grundlegung der Grundbegriffe, als vielmehr in dem Ausbau der Disziplin zu sehen haben werden?

2.

Mit den letzten Bemerkungen habe ich bereits den Punkt gestreift, in dem die Hertzsche Besprechung der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik — meiner Auffassung gemäfs — nicht glücklich und nicht ganz zutreffend einsetzt (Seite 5).

Hertz will unter der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik „die in den Einzelheiten abweichende, in der Hauptsache übereinstimmende Darstellung fast aller Lehrbücher, welche das Ganze der Mechanik behandeln, fast aller Vorlesungen, welche sich über den gesamten Inhalt dieser Wissenschaft verbreiten“, verstehen.

Wir könnten eine solche Berufung auf die grofse Masse vorhandener Darstellungen, deren Tendenz und Stärke in der Regel in der Auseinandersetzung der Grundbegriffe nicht zu liegen pflegt, ihrer Unbestimmtheit wegen beanstanden. Aber die Zweckmäfsigkeit einer solchen Berufung einmal zugestanden, hat bereits die weitere Aussage, dass jene gewöhnliche Darstellung „genau dem Gange der historischen Entwickelung und der Reihenfolge der Entdeckungen“ folgt, ihre Bedenken und erfordert zum mindesten eine Erläuterung.

Die historische Entwickelung der Mechanik ist nicht immer hinsichtlich der ursprünglichen Grundlegung eine logische gewesen. So manche Zufälligkeiten, nicht zum mindesten die Auffindung und Aufstellung grofser Gesetze und Hypothesen: Gravitation, Atomistik — haben auf die Versuche einer Grundlegung der Mechanik zurückgewirkt und ihr ein Gepräge aufgedrückt, welches — aus dem mehr oder weniger nachwirkenden Eindruck jener Errungenschaften wohl begreiflich — doch über das Ziel hinausging und für die logische Grundlegung weniger in Betracht kam. Was vollends die gewöhnliche Darstellung der Mechanik — im Sinne von Hertz — betrifft, so hat sie nach meiner Auffassung aus geschichtlichen Entwickelungsmomenten der Physik nach mehr oder weniger willkürlichen Gesichtspunkten Auswahl getroffen — Gesichtspunkten, die für eine erkenntnistheoretisch befriedigende Grundlegung des ganzen Systems nicht immer Ausschlag gebend sein konnten.

Der Gang der historischen Entwickelung und die Reihenfolge der Entdeckungen wird in ihren Hauptstationen durch die Namen eines Archimedes, Galilei, Newton, Lagrange richtig gekennzeichnet, wenn man den Ausbau der Mechanik vor Augen hat, hinsichtlich

der Grundlegung der Mechanik ist zu bemerken, dafs sie ganz wesentlich von Galilei und Newton herrührt, dafs diese Grundlegung unter dem Einflufs des von Newton aufgestellten Gravitationsbegriffes und unter dem Einflufs der vor hundert Jahren mit Erfolg in die Chemie eingeführten Atomistik nicht zu gunsten des Ganzen eine Verschiebung und damit eine Trübung erfahren hat, welche bis auf die heutige Zeit ihre Fortsetzung gefunden.

Es mufs durchaus daran festgehalten werden, dafs die Darstellung von Newton als gegebene, nicht weiter auf einander zurückführbare Vorstellungen die Begriffe des Raumes, der Zeit und der Masse zu grunde legt und sich wesentlich darauf beschränkt. Der Begriff der Kraft ist im Sinne der Newtonschen Mechanik nicht ein Grundbegriff, wie es Raum, Zeit und Masse sind, er erscheint als ein durchaus aus den Begriffen des Raumes, der Zeit und der Masse abgeleiteter Begriff. Die Begriffe des Raumes, der Zeit, der Masse sind Gegenstand besonderer Begriffspostulate, der Begriff der Kraft ist Gegenstand eines besonderen Verknüpfungspostulates, welches seine Rechtfertigung wesentlich in der Erfahrung findet.

Der Begriff der Kraft hat in dem Gang der historischen Entwickelung der Mechanik eine sehr mannigfaltige Rolle gespielt, und es kann daher durchaus nicht zur Klarheit beitragen, wenn dieser Begriff innerhalb der Forschungen eines Archimedes, Galilei, Newton, Lagrange als im wesentlichen identisch betrachtet wird, oder wenn für den Gang dieser Forschungen die historische und die logische Entwickelung der Mechanik identifiziert erscheint.

Die Forschung des Archimedes ist wie die des Altertums im wesentlichen der Statik zugewandt, die Forschung von Galilei und Newton der Dynamik, die Forschung eines Lagrange der Verbindung beider. In der Statik mag der Kraftbegriff als Grundbegriff dem Massenbegriff vorangestellt werden, wie denn die Statik der Betrachtung von Gewichten gegenüber der Betrachtung von Massen den Vorzug gewährt. Der Übergang von der Statik zur Dynamik oder die Zurückführung der Dynamik auf die Statik, wie sie sich bei Lagrange findet, mag dann der Auffassung Vorschub leisten, dafs die Kraft eingeführt erscheint als „die vor der Bewegung und unabhängig von der Bewegung bestehende Ursache der Bewegung“ (Seite 5). In der Dynamik Newtons erscheint die Statik als ein spezieller Fall der Dynamik, die Dynamik wird vorangestellt und mit ihr die Grundbegriffe des Raumes, der Zeit und der Masse.

Die in der Wirklichkeit auftretenden mechanischen Bewegungsvorgänge weisen im Sinne Newtons typisch wiederkehrende Verbindungen, Verknüpfungen der drei Grundbegriffe mit einander auf, und lediglich diese Aussage ist es, welche auf die Verknüpfungs-Axiome oder Verknüpfungs-Postulate: die drei Newtonschen „Axiomata sive lege motus“ führt. Ich kann hier wörtlich mit Hertz in seiner dritten Darstellung (Seite 33) sagen: „Es erweist sich als zweckmäfsig, den Begriff der Kraft einzuführen“, aber ich mufs durchaus im Gegensatz zu Hertz in seiner ersten Darstellung (Seite 5) sagen: Die Kraft wird nicht eingeführt als die vor der Bewegung und unabhängig von der Bewegung bestehende Ursache der Bewegung, wie denn die Newtonsche Mechanik überhaupt nichts mit Ursachen zu thun hat und zu thun haben will[2]).

3.

Behandeln wir das von Hertz gewählte Beispiel: den an einer Schnur im Kreise herumgeschwungenen Stein (Seite 6). Wir fragen im Sinne der Newtonschen Mechanik nicht, auf welche Weise wir die Bewegung im Kreise herstellen; wir gehen von der vor-

[2]) Ich habe schon in meinem Aufsatz *„Über* Newtons *Philosophiae naturalis principia mathematica und ihre Bedeutung für die Gegenwart“ 1898 (Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg i. Pr.)* darauf hingewiesen, und ich sehe mich veranlafst, das hier zu wiederholen, dafs es zur Beurteilung Newtons durchaus nötig ist, auf das Original zurückzugehen, dafs insbesondere die Übersetzung von Wolfers gerade für die vorliegenden Fragen durch ihre Willkürlichkeiten ein ganz falsches Bild giebt (cf. Seite 6 und 16 des Sonderabdrucks und diese Zeitschr. XII 238).

handenen irgendwie hergestellten Bewegung im Kreise aus. Die Festigkeit der Schnur hindert die Bewegung des Steines in gerader Linie, wie sie dem ersten Newtonschen Bewegungsgesetz (Trägheitsprinzip) entsprechen würde, die Giltigkeit des zweiten Newtonschen Bewegungsgesetzes (Aktionsprinzip) fordert die Existenz einer Actio, welche nach dem dritten Newtonschen Bewegungsgesetz (Reaktionsprinzip) die Existenz einer Reactio fordert. Hier ist im Sinne Newtons nichts Ursache, nichts Folge, nichts vorher und nachher: untrennbar tritt das eine zusammen mit dem anderen auf.

Die Actio ist die durch die Festigkeit des Fadens bedingte Abweichung des geschleuderten Körpers von der durch den Trägheitssatz vorgeschriebenen Bewegung. Die Reactio findet ihren Ausdruck in der Spannung des Fadens, welche ebenso die Festigkeit des Fadens, wie die Festigkeit des Centralpunktes der Schleuder bis zu einem gewissen Grade beansprucht.

Aber auch mit Hertz zugegeben, dafs das so einfach erscheinende Beispiel der Schleuder „in der üblichen Redeweise der Mechanik das klare Denken in Verlegenheit setzen" kann, so wäre noch zu bemerken, dafs den Ausgangspunkt der Newtonschen Mechanik durchaus die Theorie der freien Bewegung bildet. Jedes wissenschaftliche System hat das Recht zu wählen, welche Erscheinungen es als einfach zum Ausgangspunkt wählen will, welche nicht[3]); in der Wahl der als einfach bezeichneten Erscheinungen wird sich das eine wissenschaftliche System von dem anderen unterscheiden.

Die Emanationstheorie des Lichtes behandelt den Intensitätsbegriff des Lichtes als einfachen Begriff und wählt ihn zum Ausgangspunkt, die Undulationstheorie behandelt den Wellenbegriff als einfach und leitet daraus den Intensitätsbegriff ab. Natürlich bereitet der einen Theorie das eine gröfsere Schwierigkeit, was die andere als einfachen Ausgangspunkt wählt. Die geradlinige Begrenzung von Licht und Schatten, die Aberration, welche sich der Emanationstheorie sozusagen als unmittelbare organische Folge ihrer Prämissen ergab, stellt sich in der Undulationstheorie erst nach mannigfachen Zwischenbetrachtungen, dann allerdings auch genauer, als erste Näherung dar.

Mit den Behandlungen der Mechanik liegt die Sache ganz ähnlich. Je nach dem Standpunkt der Theorieen können Zweifel darüber bestehen und haben in der Entwickelung der Wissenschaft Zweifel darüber bestanden, welche Systeme materieller Körper sich als besonders einfach zum Ausgangspunkt der Betrachtung eignen — in der üblichen Terminologie: die freien oder die bedingten Systeme.

Beginnt man die Mechanik mit der Statik, wie es das Altertum und wie es Lagrange gethan hat, — also mit der Lehre vom Gleichgewicht der Kräfte, dann erscheint damit die Behandlung des bedingten Systems in den Vordergrund gerückt und diese wird als die einfache erklärt. Das bedingte System ist es auch lediglich, welches die Beziehungen zu unserem Tastgefühl vermittelt, welches gestattet, den Kraftbegriff in Beziehung zu einem Bewufstseinsinhalt in dem Sinne zu setzen, in dem Hertz Seite 6 sagt: „Wir schwingen einen Stein an einer Schnur im Kreise herum; wir üben dabei bewufstermafsen eine Kraft auf den Stein aus" und weiter: „der Stein wirkt auf die Hand zurück".

---

[3]) Diese Ausdrucksweise kann mifsverstanden werden; man kann objektiv richtig sagen: Das Einfache liegt in der Natur der Dinge, und darum kann von einer Willkür in der Wahl des Einfachen nicht die Rede sein. — Ich weise aber hier auf das Doppelgesicht der Forschung hin, welche auf der einen Seite ein aufser uns liegendes Objekt zum Gegenstand hat, welche auf der anderen Seite aber von uns als einem dem Gegenstand fremden Subjekt angestellt wird. Unsere Forschung und damit unsere wissenschaftlichen Systeme und Theorieen lassen sich nun einmal von unserem Subjekt nicht ganz loslösen, so sehr der Versuch berechtigt ist, es zu thun. Darin liegt die unvermeidliche Quelle des Irrthums, der Willkür in der Wahl der Ausgangspunkte der Systeme und Theorieen, der Willkür in der Wahl der als einfach zu deutenden Erscheinungen. — Man vergleiche auch meine Vorlesungen „Einführung in das Studium der theoretischen Physik" Seite 6, § 3: Gegenüberstellung objektiver und subjektiver Auffassungsmomente der Erfahrung. Ich zitiere im Folgenden mein Buch kurz als „Vorlesungen".

Die Newtonsche Mechanik erklärt die Behandlung des freien Systems als die einfache und darum zum Ausgangspunkt der Betrachtung angemessene, geeignete. Von diesem Standpunkt aus betrachtet, wäre bei Hertz das Beispiel der Schleuder, weil es dem Fall einer bedingten Bewegung entspricht und die bedingte Bewegung eben nicht den Ausgangspunkt der Newtonschen Behandlung bildet, nicht einmal sehr gerecht gewählt. Die bedingte Bewegung ist im Sinne der Newtonschen Mechanik keine einfache Bewegung, das bedingte System ist überhaupt der am wenigsten ausgebildete und darum schwächste Teil der Newtonschen Mechanik. Hier hat erst das d'Alembert-Lagrangesche Prinzip die Newtonsche Mechanik gekrönt.

In der freien Bewegung erweist sich die durch die Abweichung vom Trägheitssatz gegebene Actio im Sinne von Hertz (Seite 33) auch bei Newton zunächst durchaus „als eine mathematische Hilfsconstruktion, deren Eigenschaften wir völlig in unserer Gewalt haben, und welche also auch für uns nichts Rätselhaftes an sich haben kann"; in der bedingten Bewegung kann sie sich aber doch wohl als eine sehr reale Thatsache erweisen, welche unter Giltigkeit des Reaktionsprinzips sehr sichtbare Spuren ihrer realen Wirksamkeit hinterlassen kann.

Um noch eine Bemerkung an das Beispiel der Schleuder zu knüpfen: Die Spannung des Schleuderfadens ist in einer gegenwärtig üblichen Terminologie eine Tensorgröfse, keine einfache Vectorgröfse. Insofern erscheint gerade der gespannte Faden in dem von Hertz gewählten Beispiel der Schleuder sehr wohl geeignet, einen Fall der realen Existenz einer Actio ebenso zu vergegenwärtigen wie den einer Reactio, einen Fall, in dem es sich nicht blofs um eine mathematische Hilfsconstruktion handelt.

4.

Hertz unterscheidet bei der Besprechung der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik zwischen der Definition der Kraft: „der vor der Bewegung und unabhängig von der Bewegung bestehenden Ursache der Bewegung" und den beiden ersten Bewegungsgesetzen — sagen wir dem Aktionsprinzip.

Diese Unterscheidung liegt nicht im Sinne der consequent entwickelten Newtonschen Mechanik. Ich habe schon vorhin bemerkt, dafs bei Newton von Ursachen überhaupt nicht die Rede ist. Die Kraft identisch mit dem Begriff der Actio ist Gegenstand und Definition des Aktionsprinzips, also des zweiten Newtonschen Bewegungsgesetzes. Studium der Natur und Erfahrung legen den durch Masse und Beschleunigung definierten Aktionsbegriff (Kraftbegriff) als Ansatz nahe, mit dem man in die Betrachtung hineinzugehen hat.

Das Aktionsprinzip, gewonnen aus dem Studium der Bewegung ausgedehnter Körper, wird aufgestellt und verwertet als Elementarprinzip, während das Reaktionsprinzip durchaus als Summen- und Integralprinzip aufgestellt und verstanden sein will[4]). Wenn Hertz den Sinn des Reaktionsprinzips darin sieht (Seite 7): „dafs die Kräfte stets zwei Körper verbinden und ebenso gut vom ersten zum zweiten, wie vom zweiten zum ersten gerichtet sind", so fafst er dabei das Reaktionsprinzip durchaus zu eng und läfst sich zu ausschliefslich von der Anschauung von Kräften in der Richtung der Verbindungslinie zweier Körper leiten. Die Bedeutung des Reaktionsprinzips bei Newton ist eine viel allgemeinere, über spezielle Kraftvorstellungen hinausgehende, wie denn überhaupt das dritte Bewegungsgesetz einen ganz neuen, von den beiden ersten Bewegungsgesetzen unabhängigen Erfahrungsinhalt postuliert und hinzuthut[5]).

---

[4]) Ich beziehe mich der Kürze wegen hier auf das in meinen Vorlesungen § 39 Beigebrachte. Man sehe auch die in dem Sachregister meines Buches Seite 368 u. 369 unter den Stichworten „Reaktionsprinzip" und „Integralprinzip" aufgeführten Hinweise nach.

[5]) Man kann hier gleich an die Erweiterung des Reaktionsprinzips denken, wie sie mit Vorteil zuerst Helmholtz — versteckt liegt sie schon in Newtons Darstellung — in die Flächensätze eingeführt hat. Man vergleiche meine „Vorlesungen" Seite 131.

Hertz macht im weiteren psychologische Momente geltend, um die Zulässigkeit des Bildes der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik zu verdächtigen; er beruft sich auf die Erfahrung, wie schwer es ist, „gerade die Einleitung der Mechanik denkenden Zuhörern vorzutragen, ohne einige Verlegenheit, ohne das Gefühl, sich hier und da entschuldigen zu müssen, ohne den Wunsch, recht schnell über die Anfänge hinwegzugelangen zu Beispielen, welche für sich selbst reden“ (Seite 8).

An erster Stelle bezieht sich Hertz auf die Darstellungen von Newton, Thomson und Tait, Lagrange. Wir scheiden hier die Äufserungen von Thomson und Tait, sowie von Lagrange aus. Die Bemerkungen, die Hertz an die Auffassung und an die Äufserung dieser Autoren knüpft, sind nicht ungerechtfertigt, ja sie sind es vielleicht in erster Linie gewesen, die Hertz zu seiner Kritik der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik Anlafs gegeben. Uns interessiert ausschliefslich die Darstellung von Newton, oder die consequent im Sinne Newtons entwickelte Darstellung.

Ich habe schon an anderer Stelle (in meinem Aufsatz über Newton 1898) darauf hingewiesen, dafs gerade die einleitende Darstellung von Newtons Prinzipien in ihrer Bedeutung und Stellung bisher eine angemessene Interpretation nicht gefunden zu haben scheint[6]). Auch Hertz erweist sich in der üblichen Interpretation befangen.

Wenn die Masse als ein Grundbegriff des Systems hingestellt wird, wie es Raum und Zeit sind, so sprechen wir damit von vornherein die Unmöglichkeit aus, die Masse systematisch und logisch auf die Begriffe des Raumes und der Zeit zurückführen zu können. Die Masse wird eben als ein von den Begriffen des Raumes und der Zeit unabhängiger Grundbegriff aufgestellt und kann nur durch vorläufige Bezugnahme auf spätere Begriffe eine vorläufige Umschreibung finden.

Es ist nicht ohne Interesse, gerade hinsichtlich der Einführung des Massenbegriffes, die Darstellung von Newton mit der von Hertz zu vergleichen.

Newton beginnt seine Festsetzung des Massenbegriffes mit der vielbesprochenen Definitio I: „Quantitas materiae est mensura ejusdem orta ex illius densitate et magnitudine conjunctim“. Wollen wir Newton gerecht werden, dürfen wir aber nicht blofs bei einer willkürlichen Interpretation dieses isoliert aus der Darstellung herausgenommenen Satzes stehen bleiben, wir müssen auch seine Erläuterungen dazu nehmen, und aus diesen Erläuterungen möchte ich hier die Schlufssätze hervorheben: „Die Masse findet ihre Bestimmung durch das Gewicht des Körpers, denn dafs die Masse dem Gewichte proportional sei, habe ich durch sehr genau angestellte Pendelversuche gefunden, wie später gezeigt werden wird“.

Hertz beginnt seine Festsetzung des Massenbegriffs (Seite 158) mit den Worten: „Die mit den greifbaren Körpern bewegten Massen bestimmen wir mit Hilfe der Wage“, und schliefst mit den Worten: „Die Festsetzung ist in Hinsicht der greifbaren Körper bestimmt und eindeutig, abgesehen von den Unsicherheiten, welche es überhaupt nicht gelingt aus unserer wirklichen Erfahrung fernzuhalten, weder aus der früheren noch aus der zukünftigen“.

Wenn wir nach dem ganzen Zusammenhang diese Festsetzungen bei Newton und bei Hertz vergleichen, so überrascht geradezu die Gleichförmigkeit in der Art der Darstellung und der Einführung des Massenbegriffs. Die Festsetzungen tragen bei beiden Autoren einen durchaus präliminaren Charakter. Als einziger Unterschied mag bei Newton die vorangestellte Erläuterung des Massenbegriffs durch den Dichtigkeitsbegriff empfunden werden; wir werden nicht fehlgehen, wenn wir die Vermutung aussprechen, Newton habe durch diese präliminare Umschreibung Wert darauf legen wollen, den Massenbegriff an sich als einen unabhängig von allen Bewegungsvorgängen giltigen Begriff hinzustellen.

---

[6]) Es liegen nach meiner Auffassung der Darstellung bei Newton auf der einen Seite und der Darstellung anderer Autoren (Mach, Mechanik, IV. Auflage, Seite 255 u. folg.) z. B. hinsichtlich der Einführung des Massenbegriffs ganz verschiedene Absichten der Darstellung zu Grunde. Eine Kritik des Massenbegriffs bei Newton schiefst aus diesem Grunde bei der Mehrzahl der in Betracht kommenden Autoren, wie bei Mach, am Ziele vorbei.

Man kann natürlich bei der Einführung des Massenbegriffs alle möglichen Aufstellungen machen: hier handelt es sich, den Standpunkt zu gewinnen, welcher der Analyse unserer einschlägigen Erkenntnis am besten Rechnung trägt. Mit der Einnahme und Wiederholung eines lediglich historischen Standpunkts ist hier auch nichts gewonnen; es handelt sich um die Postulierung des von Raum und Zeit unabhängigen Grundbegriffs der Masse vom Standpunkt des heutigen Systems. Indem wir den Massenbegriff als einen allgemein mechanischen Grundbegriff postulieren, wollen wir weder dynamische noch statische Erfahrungen bevorzugen: wir suchen beiden in gewissem Sinne vorzugreifen, er soll auf beide in gleicher Weise anwendbar sein.

Wenn sich der Begriff der Masse von vornherein klar und bestimmt hinstellen liefse, wäre er kein Grundbegriff; — bei dem Begriff der Kraft, welcher im Sinne des Newtonschen Systems ein abgeleiteter Begriff ist, liegt die Sache ganz anders. Von der Frage nach der systematischen Stellung des Massenbegriffs ist wesentlich zu unterscheiden die Frage nach der praktischen Bestimmung von Massenmafsen, andernfalls die statische Massenmessung an der Wage den naturgemäfsen Ausgangspunkt des Systems zu bilden hätte.

Wie mit dem Massenbegriff verhält es sich auch mit dem Raumbegriff und Zeitbegriff. Die Darstellung bei Newton und bei Hertz ist auch für den Raum- und den Zeitbegriff im wesentlichen dieselbe; sie ist bei Newton ausführlicher und daher vielleicht vorzuziehen. Jedenfalls kann die Darstellung von Hertz nur eine schöne Bestätigung dafür abgeben, was hier für die Einführung angemessen, was möglich ist. Es ist ein Ding der Unmöglichkeit, ohne Präliminarien — vorläufige Bezugnahmen — in die exakte Behandlung einer Disziplin, wie es die Mechanik ist, einzuführen. Am Anfang der Mechanik treten uns eine Reihe von Begriffen entgegen, die ohne Beziehung auf künftige Erfahrung unmöglich eine Erläuterung finden können, erst im Laufe der weiteren Behandlung wird die Möglichkeit eröffnet, die vorläufigen Erläuterungen und Beziehungen weiter zu präzisieren.

In meinen Vorlesungen „Einführung in das Studium der theoretischen Physik“ (Leipzig 1900) habe ich den Versuch gemacht, von neuem die Newtonsche Mechanik in ihrer Consequenz und Angemessenheit, den heutigen erkenntnistheoretischen Forderungen entsprechend, zu entwickeln. Ich habe dabei eine „Verlegenheit und den Wunsch, um jeden Preis vorwärts zu kommen“ (Hertz, Seite 8) nicht verspürt, im Gegenteil habe ich nicht ohne Behagen und mit einer gewissen Mufse gerade bei Auseinandersetzung der in Betracht kommenden erkenntnistheoretischen Momente verweilt, zumal mir diese nach meinem Entwickelungs- und Bildungsgange besonders bequem liegen.

5.

An zweiter Stelle (Seite 8) beruft sich Hertz auf die Thatsache, „dafs wir schon für die elementaren Sätze der Statik, für den Satz vom Parallelogramm der Kräfte, den Satz der virtuellen Geschwindigkeiten u. s. w. zahlreiche Beweise besitzen, welche von ausgezeichneten Mathematikern herrühren, welche den Anspruch machen, streng zu sein, und welche doch wieder nach dem Urteil anderer hervorragender Mathematiker diesem Anspruch keineswegs genügen. In einer logisch vollendeten Wissenschaft, in der reinen Mathematik, ist eine Meinungsverschiedenheit in solcher Frage schlechterdings undenkbar“.

Wir können zunächst hier wieder darauf hinweisen, dafs das Newtonsche System der Mechanik wesentlich einen dynamischen Ausgangspunkt nimmt, und dafs die erwähnten elementaren Sätze schon aus dem Grunde erkenntnistheoretisch einen verschiedenen Charakter tragen können, je nachdem man die Mechanik auf der Dynamik oder auf der Statik aufbauen will. Aber wir wollen einmal von derartigen Untersuchungen hier absehen.

Die Stelle bei Hertz hat eine gewisse Ähnlichkeit mit einer Stelle bei Kirchhoff in der Vorrede zu seiner Mechanik, an der er von der Unklarheit der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik spricht. Kirchhoff führt dort aus: „Diese Unklarheit hat sich z. B. gezeigt in der Verschiedenheit der Ansichten darüber, ob der Satz von der Trägheit und der Satz vom Parallelogramm der Kräfte anzusehen sind als Resultate der Erfahrung, als Axiome

oder als Sätze, die logisch bewiesen werden können und bewiesen werden müssen. Bei der Schärfe, welche die Schlüsse in der Mechanik sonst gestatten, scheint es mir wünschenswert, solche Dunkelheiten aus ihr zu entfernen".

Ich habe schon an einer anderen Stelle (in meinem Aufsatz über Newton 1898) entgegen gehalten: „Diese vermeintlichen Unklarheiten werden nicht dadurch aus der Welt geschafft, dafs man es, wie Kirchhoff thut, überhaupt vermeidet, sich über diese Sätze auszusprechen. Sie scheinen mir aber dadurch beseitigt, dafs man z. B. Trägheitssatz und Satz vom Parallelogramm der Kräfte einzureihen sucht unter Newtons Definitiones, Postulata und Regulae, wobei man findet, dafs der Trägheitssatz eine Verbindung von Definition und Postulat ist, der insofern die Grenzen der Erfahrung übersteigt, als sich der Trägheitssatz, wie jedes Postulat in seinen letzten und feinsten Consequenzen einer Messung oder Prüfung durch die Erfahrung entzieht — der insofern aber wieder der Erfahrung angehört, als es die Erfahrung ist, welche in gröberen Erscheinungen zur Formulierung des Satzes anregt. Ebenso stellt der Satz vom Parallelogramm der Kräfte eine Verbindung von Definition, Postulat und Regula dar, wobei das Prinzip der Superposition die allgemeine Regula bildet, nach welcher der Begriff der Kraft von vornherein angemessen zu wählen ist".

„Diese strittigen Sätze sind eben keine einfachen erkenntnistheoretischen Elemente, sondern tragen bereits einen zusammengesetzten Charakter, der zu analysieren sein wird, und der erklärt, dafs man diese Sätze auffassen konnte und auch teilweise auffassen durfte als Resultate der Erfahrung einerseits, als Postulate (Axiome) andererseits, gebildet nach allgemeinen Regeln, über welche sich jede grundlegende Disziplin klar zu werden die Pflicht hat."

Was den Satz der virtuellen Geschwindigkeiten betrifft, so dürfte die von Lagrange herrührende Demonstration des Satzes mit Hilfe der als bekannt vorausgesetzten Theorie des Flaschenzuges, an welche Hertz in seinen Ausführungen zu denken scheint, doch auch weniger als ein Beweis im Sinne der Mathematik anzusehen sein, denn als ein Weg, auf welchem man durch Betrachtung eines mehr oder weniger speziellen Falles zur Formulierung eines mechanischen Prinzips kommt, welches seine demonstrative Erläuterung immer nur an speziellen Fällen finden kann, welches aber schliefslich doch unabhängig davon als allgemeines mechanisches Prinzip postuliert werden mufs — auf der einen Seite also wieder als erfahrungsgemäfs begründet, auf der anderen aber doch unter Bezugnahme auf künftige Erfahrungen über die gegenwärtige Erfahrung hinausgehend.

Aber auch abgesehen von diesen Erörterungen, sofern „Meinungsverschiedenheiten" im Sinne von Hertz (Seite 8) wirklich vorliegen, dürften diese im wesentlichen verschiedenen Epochen der geschichtlichen, zufälligen Entwickelung der Mechanik entsprechen, welche bald diese, bald jene Gesichtspunkte hervortreten liefs, und nicht einer consequent im Sinne Newtons entwickelten Mechanik. In einer Wissenschaft, die nicht ausschliefslich nach deduktiven Gesichtspunkten zu verfahren hat, sondern die auch induktive Gesichtspunkte zu berücksichtigen hat, können Sätze und Beweise im Laufe der Entwickelung der Disziplin eine sehr verschiedene Rolle spielen. Wenn es sich in einem bestimmten Entwickelungsstadium der Disziplin darum handelt, die Grundlagen zu untersuchen und auseinander zu setzen, so kann es um so angemessener erscheinen, für die Form der Beweisführung Definitionen, Voraussetzungen, Bedingungen und Behauptungen in ihren Rollen und logischen Stellungen zu vertauschen, als erst auf dem Boden solcher Untersuchungen sich die Wahl der einen oder anderen Grundlage als zweckmäfsig erweisen wird.

Über die an dritter Stelle von Hertz aufgeführten „über Gebühr oft gehörten Behauptungen: das Wesen der Kraft sei noch rätselhaft, es sei eine Hauptaufgabe der Physik, das Wesen der Kraft zu erforschen, und ähnliche Aussagen mehr" (Seite 8 unten) können wir uns kurz fassen. Diese Behauptungen sind mehr Äufserungen der Laienkreise entnommen, als den Schriften wissenschaftlich geschulter Physiker. Am wenigsten möchte ich für sie die Mechanik Newtons im Sinne ihrer consequenten Entwickelung verantwortlich

machen. Die Äufserungen von Hertz über das Wesen der Kraft sind gewifs ebenso richtig, wie die „über das Wesen der Elektrizität“ und „über das Wesen des Goldes“ — aber sie sind auch im Sinne der Prinzipien von Newton geschrieben.

6.

Der nächste Abschnitt von Hertz (Seite 9—13) entspricht durchaus den modernen erkenntnistheoretischen Forderungen und kann zum grofsen Teil unbeanstandet bleiben. Die „wachsende Sorgfalt, welche in den neueren Lehrbüchern der Mechanik der logischen Zergliederung der Elemente gewidmet wird“, hat bereits einen guten Teil der bisher behandelten Bemängelungen der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik durch Hertz gegenstandslos gemacht.

Ich selbst glaube durch Aufsätze und Schriften in eben diesem Sinne gewirkt zu haben. Dabei ergab sich mir, dafs die gewöhnliche Darstellung der Mechanik in mancher Hinsicht am besten fährt, wenn sie in der Grundlegung auf Newton zurückgeht, und wenn sie die späteren Fortschritte eines Lagrange und d'Alembert an die Newtonsche Grundlage anzuknüpfen sucht, ohne sich die von Hertz mit Recht bemängelte Darstellung der Grundelemente der Mechanik bei den Nachfolgern Newtons zu eigen zu machen.

Es handelt sich in vielen Fällen weniger darum, was „wir selbst nach Willkür dem von der Natur gegebenen wesentlichen Inhalt hinzugedichtet haben“ (Seite 10), als um das, was im Laufe der Zeit willkürlich und unnötig der von Newton gegebenen Darstellung hinzugefügt worden ist. Die Darstellung des ersten Bildes in der Bezeichnung von Hertz hat in vieler Beziehung wirklich bisher in Newton noch immer die relativ vollendetste Form gefunden.

Zu einer ausführlicheren Besprechung laden nun wieder die Bemerkungen ein, welche Hertz (Seite 13 unten und 14 oben) an die Frage der Einfachheit der Darstellung beziehungsweise des Bildes der Darstellung knüpft. Er sagt: „Es kann nicht geleugnet werden, dafs in sehr vielen Fällen die Kräfte, welche unsere Mechanik zur Behandlung physikalischer Fragen einführt, nur als leergehende Nebenräder mitlaufen, um überall da aufser Wirksamkeit zu treten, wo es gilt, wirkliche Thatsachen darzustellen. In den einfachen Verhältnissen, an welche die Mechanik ursprünglich anknüpfte, ist das freilich nicht der Fall. Die Schwere eines Steines, die Kraft des Armes scheinen ebenso wirklich, ebenso der unmittelbaren Wahrnehmung zugänglich, wie die durch sie erzeugten Bewegungen. Aber wir brauchen nur etwa zur Bewegung der Gestirne überzugehen, um schon andere Verhältnisse zu haben. Hier sind die Kräfte niemals Gegenstand der unmittelbaren Erfahrung gewesen; alle unsere früheren Erfahrungen beziehen sich nur auf den scheinbaren Ort der Gestirne. Wir erwarten auch in Zukunft nicht die Kräfte wahrzunehmen, sondern die zukünftigen Erfahrungen, welche wir erwarten, betreffen wiederum nur die Lage der leuchtenden Punkte am Himmel, als welche uns die Gestirne erscheinen. Nur bei der Ableitung der zukünftigen Erfahrungen aus den vergangenen treten als Hilfsgröfsen vorübergehend die Gravitationskräfte ein, um wieder aus der Überlegung zu verschwinden“.

Nach diesen Auseinandersetzungen sieht es so aus, als scheine Hertz nur das wirklich, was der unmittelbaren sinnlichen Wahrnehmung zugänglich ist: „die Schwere des Steines, die Kraft des Armes“. Hertz scheint in diesem Punkte der Phänomenologie zu huldigen, während er an anderer Stelle, wo er die verborgene Bewegung einführt, der Phänomenologie abhold ist.

Der unmittelbaren Erfahrung und Wahrnehmung zugänglich können natürlich nur sinnliche Objekte sein — Objekte, die sich in Beziehung zur Natur unserer Sinne setzen lassen; wir werden aber im Auge behalten müssen, dafs unsere Sinne in sehr subjektiver Weise eine Auslese in der Welt der wirklich vorhandenen Realien halten, dafs unsere Sinne überhaupt keinen Mafsstab für den Wert der wirklich vorhandenen Realien geben können.

Mit demselben Recht, mit dem Hertz von der Bewegung der Gestirne sagt: „Hier

sind die Kräfte niemals Gegenstand der unmittelbaren Erfahrung gewesen; alle unsere früheren Erfahrungen beziehen sich nur auf den scheinbaren Ort der Gestirne", hätte er auch sagen können: „Hier sind die Massen niemals Gegenstand der unmittelbaren Erfahrung gewesen; alle unsere früheren Erfahrungen beziehen sich nur auf den scheinbaren Ort der Gestirne".

In der That kommt die praktische Astronomie auch ohne den Massenbegriff aus[7]). Der Begriff der Sonnenmasse ist für sie nur eine durch das dritte Keplersche Gesetz gegebene, abkürzende Rechnungsgröfse, und doch werden wir — überzeugt von der Geschlossenheit unseres physikalischen Systems — die Massen der Sonne und der Planeten als reale Gröfsen und nicht blofs als Gebilde unserer Einbildungskraft aufzufassen geneigt sein.

Die gewifs berechtigte Forderung nach der Einfachheit des Bildes mufs nach der Gesamtheit des ganzen Systems der Mechanik beziehungsweise der Physik hingestellt werden, nicht nach der Auswahl spezieller Beispiele, wie solches die Gravitation ist. Ich kann hier nur den Äusserungen von Hertz aus der Einleitung zu seiner Abhandlung „Über die Grundgleichungen der Elektrodynamik für ruhende Körper" beipflichten, welche in einem gewissen Widerspruch zu den erwähnten Äusserungen seiner Prinzipien der Mechanik stehen: „In dem ersten Teile A gebe ich die Grundbegriffe und die sie verknüpfenden Formeln. Es werden den Formeln Erläuterungen hinzugefügt werden, aber diese Erläuterungen sollen nicht Beweise der Formeln sein. Die Aussagen werden vielmehr als Erfahrungsthatsachen gegeben, und die Erfahrung soll als ihr Beweis gelten. Allerdings läfst sich einstweilen nicht jede einzelne Formel besonders durch die Erfahrung prüfen, sondern nur das System als Ganzes. Mit dem Gleichungssystem der gewöhnlichen Mechanik liegt ja die Sache kaum anders."

7.

Der Gegensatz, der sich Hertz in der Stellung des Kraftbegriffes ergiebt, wie er ihn der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik und seiner eigenen Behandlung anweist oder anweisen will (Seite 33), findet vielleicht eine Klärung, wenn wir auf das nach mancher Richtung verschiedene Erscheinungsgebiet der Kraftäusserungen für freie und für bedingte Systeme hinweisen. Wir können uns dann für unsere Zwecke vielleicht so formulieren:

Für bedingte Systeme läfst sich die Existenz von Kräften in vielen Fällen als reale Macht sinnlich wirklich nachweisen; wir brauchen nur in die Beobachtung der elastischen Erscheinungen hinabzusteigen, um in vielen Fällen die Kräfte nicht als leergehende Nebenräder, sondern als der sinnlichen Wahrnehmung zugängliche Realitäten zu erkennen.

Für freie Systeme ist im Sinne der Newtonschen Physik die Existenz von Kräften als reale Macht begrifflich zu postulieren. Diese Postulierung kann ihre Rechtfertigung rückwirkend nur in der Geschlossenheit des ganzen Systems finden. Die Notwendigkeit der Postulierung — und die drei Newtonschen Bewegungsgesetze sind Postulate — weist von vornherein auf die Schranken unserer Sinnenwelt hin und erkennt über die Sinnenwelt hinaus Realitäten an.

Die Ruhe, das Gleichgewicht ist im Sinne der Newtonschen Mechanik ein spezieller Fall der Bewegung. Ein Körper, der unter Einwirkung von Kräften ruht, befindet sich im Gleichgewicht. Wir werden aber darum, weil er ruht, die Kräfte als sehr wohl vorhanden aufzufassen haben; wir können ja jeden Augenblick, in dem wir den Körper aus dem Gleichgewicht herausbringen, das Spiel der Kräfte, sichtbar in Erscheinung rufen, unter denen sich der Körper bewegt: sei es, dafs der Körper wie beim stabilen Gleichgewicht, in der Nähe der Gleichgewichtslage bleibt, sei es, dafs der Körper, wie beim labilen Gleichgewicht, sich davon entfernt.

[7]) Ich stelle hier die praktische d. h. die beobachtende Astronomie in Gegensatz zur theoretischen Astronomie oder zur Astronomie überhaupt. Die Astronomie als solche hat natürlich ganz erhebliche Vorteile durch Einführung und Verwertung des für sie theoretischen Massenbegriffs, aber die astronomischen Instrumente — das ist das hier Entscheidende — geben nur Winkel-, Zeit- und allenfalls noch Längen-Gröfsen.

Wenn es uns gefällt, „die molekularen Kräfte, die chemischen, elektrischen und magnetischen Wirkungen“ (Seite 14) in die Betrachtung aufzunehmen, so liegt die Sache genau ebenso. Die Ruhe, in der die Teile des Systems zu beharren scheinen, ist dann ein Gleichgewichtszustand, der sich als solcher einer verfeinerten Wahrnehmung und Beobachtung sehr wohl nachweisen läfst. Es hat aber keinen Zweck, in allen Fällen auf die einer solchen verfeinerten Wahrnehmung zu Grunde liegenden Thatsachen Bezug zu nehmen, im Gegenteil, es ist mit Aufgabe der theoretischen Behandlung einer Erscheinung, nachzuweisen, welche Momente der Wirklichkeit für die Erscheinung eine Rolle spielen, welche nicht. Lassen sich z. B. Erscheinungen gleich gut theoretisch behandeln, ob man auf den molekularen Bau der Materie zurückgeht oder nicht, so ist dies eben ein Zeichen, dafs der molekulare Bau der Materie für die Erscheinung unwesentlich ist.

Die Sparsamkeit des Bildes an unwesentlichen Zügen, welche Hertz mit Recht fordert, hat ihren Ausdruck darin zu finden, dafs eben nur gerade die Thatsachen zur theoretischen Behandlung herangezogen werden, welche sich für das Bild als wesentlich erweisen. Die Thatsachen, welche für das Bild unwesentlich sind oder vielleicht gar keine Rolle spielen, sind darum noch immer sehr wohl vorhanden und werden für die Ausarbeitung des Bildes der Wirklichkeit in anderer Richtung eine Rolle spielen. Sie sind vorhanden, auch wenn sie nur — um mich eines Ausdrucks von Hertz zu bedienen (Seite 15) — „ganz ausnahmsweise eine Wirkung haben“ — präciser und richtiger wäre es vielleicht zu sagen: „ganz ausnahmsweise eine unserer sinnlichen Wahrnehmung zugängliche Wirkung aufweisen“.

Es handelt sich bei diesen Auseinandersetzungen um die angemessene Auffassung und Verwertung des von E. Mach in die Erkenntnistheorie eingeführten „Prinzips der Ökonomie“. Das Prinzip der Ökonomie macht keine Aussagen und kann keine Aussagen darüber machen, ob die Wirklichkeit mit Kräften reich oder arm ausgestattet sei; es fordert nur dazu auf, in jedem einzelnen Falle, unter den reichen Mitteln der Wirklichkeit logisch sparsam zu wählen und zu verfahren. In meiner „Einführung in das Studium der theoretischen Physik“ habe ich diese Verhältnisse mit den Worten zu charakterisieren versucht (Seite 33): „Ein so reiches, so verschwenderisches Material die Beobachtung der Wissenschaft zuzuführen hat, so knapp bemessen sollen die logischen Mittel sein, mit Hilfe derer der systematische Auf- und Ausbau der Wissenschaft zu erfolgen hat. Der Reichtum der materiellen Unterlage steht so in einem eigenen Contrast zu der Kargheit der formellen Gestaltung“.

8.

Es liegt nicht in der Absicht des vorliegenden Aufsatzes, in der bisherigen ausführlichen Weise das von Hertz an zweiter und dritter Stelle behandelte Bild der Mechanik einer Besprechung zu unterziehen. Es soll das nur insofern geschehen, als Hertz bei der Darstellung des zweiten und dritten Bildes auf das erste Bild — die Darstellung der gewöhnlichen Mechanik zurückgreift. Wiederholungen werden dabei insofern unvermeidlich sein als solche bei Hertz vorkommen.

Hertz sagt (Seite 17): „Noch bis in die Mitte des Jahrhunderts erschien als letztes Ziel und als letzte anzustrebende Erklärung der Naturerscheinungen die Rückführung derselben auf unzählige Fernkräfte zwischen den Atomen der Materie. Diese Anschauungsweise entsprach vollständig dem System der mechanischen Prinzipien, welches wir als das erste bezeichnet haben; sie wurde durch jenes bedingt, wie jenes durch sie“. Hertz spricht dann weiter von dem „überwältigenden Eindruck, welchen die Auffindung des Prinzips von der Erhaltung der Energie gemacht hat“, und von den Folgen dieses Eindrucks, und Seite 21: „Die Rückführung der Erscheinungen auf die Kraft zwingt uns, unsere Überlegung beständig an die Betrachtung der einzelnen Atome und Moleküle anzuknüpfen. Nun sind wir ja allerdings gegenwärtig überzeugt davon, dafs die wägbare Materie aus Atomen besteht; auch haben wir von der Gröfse dieser Atome und ihren Bewegungen in gewissen Fällen einigermafsen bestimmte Vorstellungen. Aber die Gestalt der Atome, ihr Zusammenhang, ihre Bewegungen in den meisten Fällen, alles dies ist uns gänzlich verborgen; ihre Zahl ist in

allen Fällen unübersehbar grofs. Unsere Vorstellung von den Atomen ist daher selbst ein wichtiges und interessantes Ziel weiterer Forschung, keineswegs aber ist sie besonders geeignet, als bekannte und gesicherte Grundlage mathematischer Theorieen zu dienen. Einen so streng denkenden Forscher, wie es Gustav Kirchhoff war, berührte es daher fast peinlich, die Atome und ihre Schwingungen ohne zwingende Notwendigkeit in den Mittelpunkt einer theoretischen Ableitung gestellt zu sehen. Die willkürlich angenommenen Eigenschaften der Atome mögen ohne Einfluſs auf das Endresultat sein, das letztere mag richtig sein. Gleichwohl sind die Einzelheiten der Ableitung selbst zum grofsen Teil mutmafslich falsch, die Ableitung ist ein Scheinbeweis. Die ältere Denkweise der Physik läfst hier kaum eine Wahl, einen Ausweg zu".

Diese Äusserungen erschöpfen in keiner Weise die hier in Betracht kommenden Momente. Unter Verwertung ganz ähnlicher psychologischer Momente, wie sie Hertz gegen die — von ihm nicht namentlich so genannte — Energetik geltend macht, könnte ausgeführt werden und ist von mir oben ausgeführt worden, dafs unter dem „überwältigenden Eindruck", welchen die Auffindung der Gravitation und die Aufstellung der atomistischen Hypothese in der Chemie gemacht hat, die Newtonsche Mechanik in der Geschichte der Entwickelung eine Umwandlung erfahren hat, welche in der Darstellung ihrer Grundlagen und Grundelemente doch weder dem Geist und der Auffassung ihres Schöpfers — Newton — noch einer logisch consequenten Darstellung in seinem Sinne entsprach.

Die Rückführung der Naturerscheinungen auf unzählige Fernkräfte zwischen den Atomen der Materie kann höchstens als eines der möglichen Ziele hingestellt werden, welches die Anwendung der Newtonschen Bewegungsgesetze zuläfst. Die Newtonschen Bewegungsgesetze als solche sind und wollen vollständig unabhängig von speziellen Annahmen über die Natur der Kräfte — ob Fern-, ob Druckkräfte — und über die atomistische Constitution der Materie sein. Im Gegenteil, sie bewegen sich eher in der Vorstellungswelt der Druckwirkungen und einer stetig den Raum erfüllenden Materie und bevorzugen damit diese. Auch wenn die Materie wirklich atomistisch constituiert ist, wird damit noch kein Widerspruch mit der Wirklichkeit hervorgerufen; damit würde zunächst nur gesagt sein, dafs die Thatsache der atomistisch constituierten Materie für Inhalt und Tragweite der Newtonschen Bewegungsgesetze unwesentlich ist[8]).

Seite 17 unten wiederholt Hertz die schon früher aufgestellte Behauptung, dafs in der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik der Begriff der Kraft mit Schwierigkeiten behaftet sei. Ich wiederhole entsprechend unter Bezugnahme auf das früher Gesagte, dafs bei einer im Sinne Newtons consequent entwickelten Darstellung von einer solchen Schwierigkeit nicht die Rede ist, im Besonderen nicht, wenn die Bedeutung und die Rolle der Kräfte in freien und bedingten Systemen, im Zustand der Bewegung und des Gleichgewichts im Zusammenhange besprochen werden.

In den Auseinandersetzungen (Seite 20—22), von denen oben schon ein Teil zitiert ist, spricht Hertz dem Bilde der Energetik eine gröfsere Zweckmäfsigkeit als dem gewöhnlichen Bilde der Mechanik zu. Der Kernpunkt seiner Betrachtungen liegt darin, dafs die Energetik nur von solchen Kräften spricht und sprechen kann, die in der Natur wirklich vorkommen, während die gewöhnliche Darstellung der Mechanik erst nachträglich einem allgemein eingeführten Typus von Kräften die Beschränkung der Erhaltung der Energie auferlegt.

Diese Bemerkungen von Hertz sind nicht unzutreffend und doch lassen sie folgende Einwendungen zu: Die Energetik liefert kein Bild und kann kein Bild der sogenannten mechanischen Vorgänge liefern, sobald man die speziellen mechanischen Vorgänge den allgemeinen physikalischen Vorgängen gegenüberstellt. Als mechanische Vorgänge pflegen auch die mit den sogenannten Reibungs- und Widerstandskräften auftretenden mechanischen

[8]) Man vergleiche meine Note: Über notwendige und nicht notwendige Verwertung der Atomistik in der Naturwissenschaft. *Wied. Ann. Bd. 61, S. 196, 1897.*

Erscheinungen behandelt zu werden. Diese Kräfte erfüllen vom Standpunkt der gewöhnlichen Mechanik das Prinzip der Energie bekanntlich nicht, sie werden daher als nicht conservative Kräfte bezeichnet. Vom Standpunkt der gewöhnlichen Mechanik kann daher die Zweckmäfsigkeit bestritten werden, das Prinzip der Energie von vornherein der Behandlung der Mechanik zu Grunde zu legen. Vom Standpunkt der gewöhnlichen Mechanik kann eine solche Zweckmäfsigkeit nur dann zugegeben werden, wenn die Wärmelehre als Teil der Mechanik angesehen wird und damit die atomistische Constitution der Materie samt der kinetischen Vorstellung von der Natur der Wärme als ein notwendiger und unveräufserlicher Bestandteil der Mechanik postuliert wird.

Von diesem Standpunkt aus komme ich gerade zu entgegengesetzten Formulierungen wie Hertz. Wenn Hertz (Seite 21) nach dem „Grunde fragt, aus welchem die Physik es heutzutage liebt, ihre Betrachtungen in der Ausdrucksweise der Energetik zu halten", und darauf antwortet: „weil sie es auf diese Weise am besten vermeidet, von Dingen zu reden, von welchen sie sehr wenig weifs, und welche auf die wesentlich beabsichtigten Aussagen auch keinen Einfluſs haben", und nun als solche überflüssige Dinge in der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik die willkürlich angenommenen Eigenschaften der Atome zu erblicken glaubt, so kann ich darauf nur sagen:

Die im Sinne Newtons consequent entwickelte Mechanik vermeidet geradezu, willkürlich angenommene Eigenschaften der Atome in die Betrachtung der Grundelemente der Mechanik aufzunehmen. Nicht die Kraft zwingt uns, unsere Überlegungen beständig an die Betrachtung der einzelnen Atome und Moleküle anzuknüpfen, im Gegenteil, die consequent im Sinne der Energetik entwickelte Mechanik unter Rücksicht auf die Existenz der mechanisch wohlbekannten Reibungs- und Widerstandskräfte zwingt uns, solche willkürlich angenommene Eigenschaften der Atome in die Behandlung der Mechanik aufzunehmen. Weit gefehlt also, dafs der Vorwurf von Hertz die im Sinne Newtons consequent entwickelte Mechanik trifft, mufs er vielmehr mit doppelter Stärke auf das von Hertz als zweckmäfsig erachtete energetische Bild der Mechanik zurückfallen.

Ich weifs sehr wohl, dafs ich mich durch diese Darstellung in einen gewissen Gegensatz zu dem Hauptvertreter der Energetik W. Ostwald zu setzen scheine, aber Ostwald vertritt wohl mehr die energetische Physik überhaupt, als gerade die energetische Mechanik — und auf letztere kommt es hier in erster Linie an.

An zweiter Stelle behandelt Hertz die Frage der Richtigkeit der energetischen Mechanik und hier hat nun eine Überlegung: die Anwendung des Hamiltonschen Prinzips auf die ohne Gleitung rollende Bewegung einer Kugel auf einer festen horizontalen Ebene — einen gewissen Einfluſs auf seine Spekulationen ausgeübt. Hertz glaubt auf gewisse Widersprüche mit der Erfahrung zu stofsen — Widersprüche, durch welche er sich gezwungen sieht, nun auch in das Bild der energetischen Mechanik die atomistische Constitution der Materie mit ihren molekularen Kräften aufzunehmen, welche er noch eben vermeiden zu können glaubte.

Zu einem solchen Zwange liegt nun aber von Seiten des Hamiltonschen Prinzips weder für die Newtonsche noch für die energetische Mechanik eine Veranlassung vor, nachdem O. Hölder[9]) 1896 gezeigt hat, in welcher Weise in dem von Hertz proponierten Beispiel einer ohne Gleitung rollenden Kugel die virtuellen Verrückungen einzuführen sind, und wie damit die Anwendung des Hamiltonschen Prinzips durchgeführt werden mufs.

An dritter Stelle behandelt Hertz (Seite 25—27) die Frage der logischen Zulässigkeit der energetischen Mechanik. Wir können diese Auseinandersetzungen hier übergehen, da sie in keinem Zusammenhang mit unseren Untersuchungen der Newtonschen Mechanik und ihrer Kritik von Hertz stehen.

[9]) O. Hölder, Über die Prinzipien von Hamilton und Maupertuis. Nachrichten der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften 1896.

Ich möchte hier nur darauf hinweisen, dafs ich mich in Übereinstimmung mit Hertz in der Behauptung befinde, dafs die energetische Mechanik von vier von einander unabhängigen Grundbegriffen: Raum, Zeit, Masse, Energie ausgeht (Seite 18), während ich mit Hertz in der Behauptung differiere, dafs die Newtonsche Mechanik nur von drei von einander unabhängigen Grundbegriffen: Raum, Zeit, Masse ausgeht.

Nach meiner Auffassung würde die energetische Mechanik dadurch, dafs sie von vier Grundbegriffen ausgeht, an einer logischen Überbestimmung leiden, von der sie nur dadurch befreit werden könnte, dafs der eine der beiden Grundbegriffe: Masse oder Energie als Verknüpfungsaxiom postuliert würde. Wenn ich Ostwald richtig verstanden habe, scheint er bereit zu sein, den Begriff der Energie zum Grundbegriff und den Begriff der Masse zum Ausgangspunkt eines Verknüpfungsaxioms wählen zu wollen — aber wie gesagt, es liegt aufserhalb der Absicht meines Aufsatzes, darauf einzugehen.

9.

Ich behandle endlich noch die Darstellung des dritten Bildes von Hertz, soweit sie auf die Darstellung der gewöhnlichen Mechanik zurückgreift. Auch bei dieser Behandlung werden Wiederholungen meinerseits insoweit nicht ganz ausgeschlossen sein, als sie durch Wiederholungen in der Darstellung von Hertz veranlafst sind.

Der Begriff der Kraft ist bei Newton ebensowenig eine selbständige Grundvorstellung (Seite 29) als er bei Kirchhoff (Seite 30) eine solche ist. Kirchhoff hat in seiner Mechanik die Auswüchse der Nach-Newtonschen Mechanik überhaupt zum grofsen Teil — ob bewufst oder unbewufst, mag dahingestellt bleiben — beschnitten. Der Begriff der Kraft ist bei Newton ebensowenig ein heimlicher Mitspieler oder das Wesen einer eigenen und besonderen Art (Seite 30) wie bei Hertz. Ebenso wie bei Hertz (Seite 33) erweist es sich auch bei Newton als zweckmäfsig den Begriff der Kraft einzuführen, ohne dafs dabei die Kraft als etwas von uns Unabhängiges und uns Fremdes auftritt.

Wenn Hertz (Seite 30) von einer Lücke in seiner Darstellung spricht, die dadurch entsteht, dafs er den Begriff der Kraft aus den Grundvorstellungen streicht, und von einem Ersatz in seiner Darstellung für die so in den Grundvorstellungen ausfallende Mannigfaltigkeit, so erscheint dadurch nur die Stellung der Newtonschen Bewegungsgesetze oder ihr dafür eintretender Ersatz auf gleiche Stufe gestellt und damit in das richtige Licht gerückt.

Auf den unabhängigen Grundbegriffen allein ohne Einführung von fundamentalen Beziehungen zwischen ihnen kann ein System der Mechanik nicht aufgeführt werden; die Aufführung eines solchen ermöglichen erst bei Newton: die Verknüpfungsaxiome; bei Hertz: die Verknüpfungshypothesen der verborgenen Massen und Bewegungen mit den sinnlich zugänglichen Massen und Bewegungen sowie das Grundgesetz von der geradesten Bahn.

Die Frage, die sich bei dieser Gegenüberstellung aufdrängt, ist die, ob es zweckmäfsig ist, bereits in die Grundlegung der Mechanik solche hypothetische Elemente, wie es die verborgenen Massen und Bewegungen von Hertz sind, von vornherein aufzunehmen. Hertz sagt selbst (Seite 30), dafs man „ihre Benutzung nicht in die Elemente der Mechanik selbst einzuführen gewohnt ist“. Etwas anderes wäre es, die Anwendung der Mechanik und ihrer Prinzipe in einem speziellen Teile, den man ja als besonders wichtig bezeichnen könnte, auf verborgene Massen und Bewegungen vorzunehmen.

Rein erkenntnistheoretisch betrachtet mag diese Frage als Geschmackssache behandelt werden. Ich für mein Teil halte dafür — und ich habe das in meinen einleitenden Vorlesungen durchgeführt, dafs die Mechanik als grundlegende physikalische Disziplin sich solange als möglich hypothetischer Elemente, welche unserer sinnlichen Wahrnehmung verborgen sind, zu enthalten hat, dafs in dieser Enthaltsamkeit mit der Reiz und der Wert der Mechanik besteht, dafs erst beim Übergang und bei den Anwendungen der Mechanik auf die physikalischen Einzeldisziplinen die hypothetischen Vorstellungen mit ihren Umdeutungen unserer sinnlichen Wahrnehmungen in ihr Recht einzutreten haben.

In diesem Sinne unterscheide ich scharf zwischen dem Inhalt der Mechanik und der

Physik — eine Unterscheidung, die man ja als willkürlich bezeichnen könnte, die aber uns durch unsere Natur und unsere Sinne nahegelegt ist. Ich sage vollständig übereinstimmend mit Hertz (Seite 30): „Wir werden bald gewahr, dafs die Gesamtheit dessen, was wir sehen und greifen können, noch keine gesetzmäfsige Welt bildet, in welcher gleiche Zustände stets gleiche Folgen haben. Wir überzeugen uns, dafs die Mannigfaltigkeit der wirklichen Welt gröfser sein mufs, als die Mannigfaltigkeit der Welt, welche sich unseren Sinnen unmittelbar offenbart. Wollen wir ein abgerundetes, in sich geschlossenes, gesetzmäfsiges Weltbild erhalten, so müssen wir hinter den Dingen, welche wir sehen, noch andere, unsichtbare Dinge vermuten, hinter den Schranken unserer Sinne noch heimliche Mitspieler suchen“ — und ich kann doch leugnen, dafs gerade die Mechanik die Aufgabe hat, die Lücken auszufüllen, welche die sinnliche Wahrnehmung allein hindert, das wissenschaftliche System zu schliefsen, dessen Darstellung eben Aufgabe der Physik ist.

Auch Hertz scheint einer solchen Unterscheidung eine Berechtigung nicht zu versagen, wenn er (Seite 32) ausführt: „Die Zusammenhänge bestimmter materieller Systeme im Einzelnen zu erforschen ist nicht Sache der Mechanik, sondern der experimentellen Physik“. Wenn diese Zusammenhänge erst durch die Hypothese der verborgenen Massen und Bewegungen erschlossen werden, dann scheidet eben ihre theoretische Behandlung damit aus der Mechanik aus.

Nach Hertz besteht (Seite 34 u. folg.) „das wesentliche Merkmal seiner benutzten Terminologie darin, dafs sie gleich von vornherein ganze Systeme von Punkten vorstellt und in Betracht zieht, nicht aber jedesmal von den einzelnen Punkten ausgeht“. Seite 36 unten betrachtet er es als einen Vorzug seiner Darstellung, dafs „die Mechanik des materiellen Systems nicht mehr als eine Erweiterung und Verwickelung der Mechanik des einzelnen Punktes erscheint, dafs die letztere als selbständige Untersuchung fortfällt oder doch nur gelegentlich als Vereinfachung und besonderer Fall der ersteren auftritt“.

Diese und die daran anknüpfenden Auseinandersetzungen bei Hertz (Seite 37) müssen notwendig die Vorstellung erregen, als bestehe darüber kein Zweifel, dafs den Ausgangspunkt, also doch wohl die Axiomata sive leges motus bei Newton die Betrachtung des einzelnen Punktes bildet. Dies ist aber nicht der Fall. Die Ausführungen von Hertz, die seine Betrachtungsweise rechtfertigen sollen: „es gebe gar keine andere Methode, einfache Beziehungen zu schaffen, als die künstliche und wohlerwogene Anpassung unserer Begriffe an die darzustellenden Verhältnisse“ — „dafs man vielleicht mit mehr Recht die Betrachtung ganzer Systeme für das Natürliche und Naheliegende halten könne, als die Betrachtung einzelner Punkte. Denn in Wahrheit ist uns das materielle System unmittelbar gegeben, der einzelne Massenpunkt eine Abstraktion; alle wirkliche Erfahrung wird unmittelbar nur an Systemen gewonnen und die an einfachen Punkten möglichen Erfahrungen sind daraus durch Verstandesschlüsse abgezogen“ — ich sage, diese Ausführungen befinden sich in vollem Einklang mit dem Sinn und dem Geist, in dem „die Axiomata sive leges motus“ sich bei Newton abgefafst finden.

Schon die Newtonsche Mechanik, vollends die im Sinne Newtons consequent entwickelte Mechanik unterscheidet zwischen Summen- (Integral-) und Elementarprizipien. Man kann diese Unterscheidung noch weiter treiben hinsichtlich der Form und hinsichtlich des Inhalts:

Die drei Newtonschen Bewegungsgesetze: das Trägheitsprinzip, das Aktionsprinzip und das Reaktionsprinzip bewegen sich formell in der Ausdrucksweise von Integralgesetzen. Es soll offenbar damit ihre empirische Herkunft angedeutet werden, insofern eben materielle Systeme und nicht materielle Punkte es sind, an welchen die unmittelbare Erfahrung gewonnen wird. In ihrer Anwendung, also dem Inhalt nach, werden sie teilweise als Elementargesetze, teilweise als Integralgesetze verwertet. Seinem innersten Wesen nach ist wohl das Aktionsprinzip als Elementargesetz, das Reaktionsprinzip als Integralgesetz zu denken, während das Trägheitsprinzip sowohl als Elementarprinzip wie als Integralprinzip gedacht werden kann.

Das Aktionsprinzip ist bei Newton in dieser Auffassung genau in dem Sinne von Hertz (Seite 33) ein Elementarprinzip: „Übrigens erweist es sich auch hier bald als zweckmäfsig, den Begriff der Kraft einzuführen. Aber die Kraft tritt nun nicht auf als etwas von uns Unabhängiges und uns Fremdes, sondern als eine mathematische Hilfsconstruktion, deren Eigenschaften wir völlig in unserer Gewalt haben, und welche auch für uns nichts Rätselhaftes an sich haben kann".

Das Reaktionsprinzip ist bei Newton ein Integralprinzip in erheblich allgemeinerem Sinne wie bei Hertz (Seite 33, 34), der dasselbe nur auf die Anwendung zweier Körper beschränkt glaubt.

Das Trägheitsprinzip ist ein Elementarprinzip in dem Sinne, in dem jede Abweichung eines Massenpunktes davon auf das Aktionsprinzip führt — ein Integralprinzip in dem Sinne, als das Reaktionsprinzip mit als eine Folge des auf ein System erweitert angewandten Trägheitssatzes erscheint. In diesem Sinne werden häufig die sogenannten Schwerpunktssätze als ein Ausdruck, eine Präzision des Reaktionsprinzips hingestellt, in diesem Sinne können — wie an anderer Stelle ausgeführt — die sogenannten Flächensätze eine im Sinne des Reaktionsprinzips passende Erweiterung finden.

An diese drei Newtonschen Prinzipe gliedert sich das Nach-Newtonsche Energieprinzip nach Form und Inhalt durchaus als ein Integralprinzip an. Es mufs aber hier wiederholt werden: Soll das Energieprinzip als allgemeines, mechanisches Prinzip eingeführt werden, dann wird es geradezu notwendig sein, die verborgene Molekularwelt als Teil der Mechanik in die Betrachtung aufzunehmen, um die Reibungs- und Widerstandskräfte nur als scheinbar nicht conservative Kräfte daraus ableiten zu können.

10.

Wir haben in den nun hinter uns liegenden Ausführungen die Darstellung von Hertz so häufig zum Gegenstand von Angriffen und Ausstellungen gemacht, dafs es scheinen könnte, wir lehnen die Darstellung von Hertz überhaupt ab. Ich kann hier in Bezug auf Hertz mich derselben Ausdrucksweise bedienen, wie sich einer solchen Hertz (Seite 9) in Bezug auf Newton bedient: „So weit geht unsere Ansicht und unsere Überzeugung nicht".

Die Hertzsche Darstellung ist überaus reich an treffenden und originellen Ausführungen, soweit solche die Behandlung ohne Rücksicht auf die geschichtliche Entwickelung der Mechanik betreffen, ihre Schwäche und ihr Mangel ist im wesentlichen das unrichtige historische Bild ja ich möchte sagen: das Zerrbild der Newtonschen Mechanik.

Die heutige Ausbildung der Physiker ist so wenig historischen Studien der Klassiker zugewandt, dafs die in der Forschung wohlbewährte Autorität von Hertz die jüngere Generation verleiten möchte, von der Newtonschen Mechanik als von einem überwundenen Standpunkt zu sprechen, der bereits für die Einführung in das Studium der theoretischen Physik und für den Unterricht baldmöglichst durch eine andere Darstellung zu ersetzen wäre — man ist allerdings in einiger Verlegenheit, wenn es sich darum handelt, zu sagen, durch welche.

Die Darstellung von Hertz, welche bei allen „Verdächtigungen" die Vorzüge der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik für den Unterricht anerkennen will, dürfte kaum geeignet sein, die jüngere Generation davon abzuhalten, das Kind mit dem Bade auszuschütten — finden wir doch schon englische Autoren [10]), die vollkommen überzeugt, den Standpunkt von Newton überwunden zu haben, es für angemessener halten, ohne allzu gründliches Studium des Originals Newton am Zeuge zu flicken, als den Versuch zu machen, Newton in sich zu interpretieren und eine Übereinstimmung moderner Anschauungen mit denen Newtons aufzusuchen oder herzustellen.

[10]) K. Pearson, The Grammar of Science 1892. Man vergleiche meinen Aufsatz über Newton 1898, Sonderabdruck S. 6 u. 10.

Eine ganze Reihe von Ausführungen, die uns durchaus ansprechen, kehren bei Hertz mit Unrecht ihre Spitze gegen Newton; sie entsprechen durchaus dem Geiste der Newtonschen Darstellung oder lassen mindestens eine solche Deutung im Geiste einer consequent entwickelten Darstellung zu. In seiner Polemik gegen die Newtonsche Mechanik ist Hertz dem Fehler unterlegen, in den so häufig Kritiker verfallen: Es wird eine Strohpuppe künstlich construiert, die Anschauungen der Zeitgenossen geben dazu willig das Material her, diese Puppe wird als der thatsächlich vorhandene Gegner markiert und angegriffen. Nach meiner Überzeugung ist aus diesem oder einem ähnlichen Grunde die Hertzsche Darstellung als Kritik der gewöhnlichen Mechanik nur mit äufserster Vorsicht zu benutzen, so anregendes Material sie erkenntnistheoretischen Betrachtungen zuführt.

Ich halte es für meine Pflicht, dies einmal auszusprechen, so undankbar es ist einer anerkannten Autorität gegenüber, wie es Hertz unzweifelhaft ist — den wirklichen Verdiensten von Hertz, auch hinsichtlich seiner „Darstellung der Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhang“ soll damit nicht der geringste Abbruch geschehen. Ich halte es für meine Pflicht, die Fahne Newtons wieder einmal hoch zu halten, in einer Zeit, welche ihre alten Führer verloren hat — haben Männer wie F. E. Neumann und H. Helmholtz doch immer wieder auf Newton zurückgelenkt — in einer Zeit, welche vor der Hand noch keine wahren Führer wiedergefunden hat. Ich halte es um so mehr für meine Pflicht, als die einleitenden Betrachtungen von Hertz über die drei Bilder der Mechanik von Philosophen und Physikern mit gleichem Eifer gelesen — und je weniger Newton bekannt ist, um so mehr als eine Art neues Evangelium betrachtet werden.

Nicht der geringste Reiz der Hertzschen Darstellung liegt in der Hervorkehrung seiner persönlichen, subjektiven Anschauungen — ich kann sagen, Glaubensanschauungen im besten Sinne des Wortes. Hierher gehört besonders die Stelle (Seite 27, 28), an der er sich gegen die Auffassung wendet, dafs „die Physik darauf verzichtet habe und es nicht mehr als Pflicht anerkenne, den Ansprüchen der Metaphysik gerecht zu werden. Sie lege kein Gewicht mehr auf die Gründe, welche von metaphysischer Seite einst zu Gunsten der Prinzipien vorgebracht seien, welche einen Zweck in der Natur andeuten; ebensowenig aber könne sie jetzt Einwänden metaphysischen Charakters gegen ebendieselben Prinzipien ihr Ohr leihen. Wenn wir bei solchem Rechten zu entscheiden hätten, so würden wir nicht unbillig denken, wenn wir uns mehr auf Seiten des Angreifers als des Verteidigers stellten. Kein Bedenken, welches überhaupt Eindruck auf unseren Geist macht, kann dadurch erledigt werden, dafs es als metaphysisch bezeichnet wird; jeder denkende Geist hat als solcher Bedürfnisse, welche der Naturforscher als metaphysische zu bezeichnen gewohnt ist“.

Dieses subjektive Moment der Hertzschen Forschung steht in einem eigenen Contrast zu der Objektivierungstendenz von Hertz, mit der er (Seite 47) von einer „Zweckmäfsigkeit redet in einem besonderen Sinn, nämlich im Sinne eines Geistes, welcher ohne Rücksicht auf die zufällige Stellung des Menschen in der Natur das Ganze unserer physikalischen Erkenntnis objektiv zu umfassen und in einfacher Weise darzustellen sucht“.

Diesem Doppelgesicht der Hertzschen Darstellung gegenüber könnte man vielleicht geneigt sein für die eine oder die andere Seite des Gesichts Partei zu ergreifen. Man könnte z. B. sagen: Die Hertzsche Zweckmäfsigkeit im Sinne eines hypothetischen Geistes, der nicht existiert, erscheint unzweckmäfsig, ist vielleicht ein Widerspruch in sich. Man könnte sagen: natürlich handelt es sich hier nicht um „eine Zweckmäfsigkeit im Sinne der praktischen Anwendungen und der Bedürfnisse der Menschen“ (Seite 47) — aber um eine Zweckmäfsigkeit im Sinne der menschlichen Natur und ihrer Organe.

Dem weniger tief blickenden Auge scheinen sich vielleicht aus diesen Gegenüberstellungen Angriffswaffen gegen Hertz schmieden zu lassen. Wer aber die erkenntnistheoretische Vertiefung naturwissenschaftlicher Provenienz in den letzten Jahrzehnten verfolgt hat, wird sich solcher Äufserungen freuen, welche die Tendenz aufweisen, der naturwissenschaftlichen Erkenntnis reicheres Material und reichere Anregung von allen Seiten zufliefsen

zu lassen. Die scheinbaren Widersprüche, die entgegengesetzt geltend gemachten Momente der Betrachtungsweise, welche bei Hertz vielleicht nicht immer ganz bewufst sich geltend machen, deuten auf eine Art „Sturm- und Drang-Periode“, welche alle Keime einer kommenden Reife in sich schliefst.

Die Forschung der Natur hat nun einmal ein Doppelgesicht mit ihrer objektiven und subjektiven Seite, sie kann von der Natur des forschenden Subjekts nicht losgelöst werden — gerade bei einer Darstellung, welche die objektiven und subjektiven Momente der Forschung beständig berücksichtigt, kann viel leichter auch den Schranken des forschenden Subjekts Rechnung getragen und ein Fortschreiten zu metaphysischen, das heifst übersinnlichen Vorstellungen versucht werden.

Königsberg i. Pr., im Juni 1901.

Über den Nachweis der gröfsten Dichte des Wassers.

Von

Prof. Dr. **W. Merkelbach** in Cassel.

Um den Nachweis der gröfsten Dichte des Wassers bei 4° am einfachsten zu führen, zeigt man, dafs auf Wasser von 4° sowohl kälteres als auch wärmeres Wasser schwimmt. Die gebräuchlichste Art der Ausführung des Versuchs besteht bekanntlich darin, dass man ein hohes Gefäfs mit Wasser von 0° füllt und in verschieden hohe Schichten des Wassers die Kugeln von Thermometern einführt. Das an den Wänden des Gefäfses erwärmte Wasser sinkt zunächst zu Boden und daher steigen die unteren Thermometer zuerst. Nach einiger Zeit hat die ganze Wassermasse eine gleichmäfsige Temperatur von 4° erreicht. Dann steigen die oberen Thermometer zuerst, weil das sich noch mehr erwärmende Wasser nun leichter wird. — Wendet man an stelle der Thermometer das Loosersche Thermoskop an, so lassen sich die Temperaturänderungen auf grofse Entfernungen beobachten.

Dieser Versuch hat für den Unterricht einen grofsen Nachteil: er erfordert mindestens eine volle Stunde, und vielfach ist am Ende derselben die Umkehr der Thermometerangaben noch nicht eingetreten.

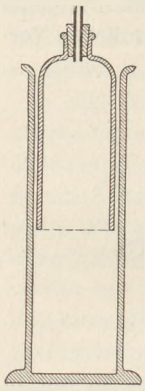
Man gelangt viel rascher zum Ziel, wenn man Wasser von verschiedener Temperatur, dessen verschiedene Dichte nachgewiesen werden soll, übereinander schichtet, nachdem man das Wasser von der einen Temperatur durch Zusatz geringer Mengen eines stark färbenden Farbstoffs gefärbt hat. Ist das leichtere Wasser oben, so bleiben die Schichten, wie man an der Färbung sehen kann, lange Zeit erhalten; im umgekehrten Falle treten sofort Strömungen ein. Um dem Einwand zu begegnen, dafs der Farbstoff das gröfsere spez. Gewicht des Wassers bedinge, läfst man das Wasser, dessen gröfsere Dichte nachgewiesen werden soll — in Folgendem also Wasser von 4° C. — ungefärbt. Bei meinen Versuchen habe ich als Farbstoff Ketonblau (s. hierüber dieses Heft S. 294) verwendet, von dem wenige Tropfen gröfsere Wassermengen leuchtend blau färben.

Zum Übereinanderschichten des Wassers von verschiedenen Temperaturen kann man das übliche Verfahren, die leichtere Flüssigkeit in das Gefäfs zuerst zu bringen und dann durch ein bis zum Boden reichendes Trichterrohr die schwerere Flüssigkeit einzufüllen, hier nicht anwenden. Es erfordert zu viel Zeit und der Boden beeinflufst zu sehr die Temperatur des zuletzt eingebrachten Wassers.

Ich habe daher folgende Methode angewendet. Als Versuchsgefäfs dient ein Glascylinder, der zur Hälfte mit dem Wasser von der einen Temperatur gefüllt wird. Zum Überschichten des Wassers von der anderen Temperatur verwendet man eine oben mit einem Tubus versehene Glasglocke, die mindestens die halbe Höhe des Cylinders hat und deren äufserer Durchmesser etwa 5 mm kleiner ist, als der innere Durchmesser des Cylinders.

Die untere Öffnung der Glocke ist mit Tüll von 2 mm Maschenweite überbunden, und ihr Tubus ist durch einen Pfropfen dicht geschlossen, durch den ein Stück Glasrohr führt (vergl. die Figur).

Die von mir benutzte Glocke hat 8 cm äufseren Durchmesser und ist bis zum Tubus 18 cm hoch. Sie darf an ihrem unteren Rande keinen äufseren Wulst besitzen, kann also aus einer hohen cylindrischen Flasche durch Abschneiden des Bodens erhalten werden. Der Tüll wird durch einen umgelegten Faden befestigt und aufsen an der Glocke noch mit etwas Schellacklösung festgeklebt. Meine Cylinder sind solche, wie man sie zum Auffangen von Gasen benutzt und haben 8,5 cm inneren Durchmesser und 34 cm Höhe.



Taucht man die Glocke in ein Gefäfs mit Wasser von der anderen Temperatur, so füllt sie sich rasch, und man kann sie, am Tubus fassend und mit dem Zeigefinger die Glasröhre verschliefsend, senkrecht aus dem Wasser herausheben, ohne dafs das Wasser ausläuft. Die gefüllte Glocke wird in den Cylinder gebracht und so tief eingetaucht, dafs das Wasser innerhalb der Glocke so hoch steht wie aufserhalb derselben. Nachdem man die obere Öffnung der Glocke frei gegeben hat, hebt man die Glocke langsam aus dem Cylinder.

Macht man diesen Versuch zunächst in der Weise, dafs man unten in den Cylinder farbloses Wasser von 4° und darüber gefärbtes Wasser von 0° bringt, so halten sich die verschieden gefärbten Schichten lange Zeit. Den Unterschied der verschiedenen Temperaturen oben und unten im Cylinder kann man anschaulich mit Hilfe des Looserschen Thermoskops nachweisen. Man führt die mit Schrot beschwerte Kapsel in die obere Wasserschicht ein, wartet bis das Thermoskop einen festen Stand hat und senkt die Kapsel langsam. Das Thermoskop steigt um einige Centimeter, sobald die Kapsel in die untere Schicht gelangt. — Schichtet man zum Gegenversuch das gefärbte Wasser von 0° unter das farblose Wasser von 4°, so steigen sofort von der Grenzschicht blaue Ströme der unteren Flüssigkeit in die obere und nach spätestens $^1/_2$ Minute hat sie sich so geordnet, dass sich oben im Cylinder die dunkelsten Schichten der Flüssigkeit befinden und diese nach unten immer lichter werden.

Entsprechend weist man auch nach, dafs Wasser von 4° C. schwerer ist als wärmeres Wasser. Es genügt schon ein Temperaturunterschied von 2°, wenngleich die Grenzschicht bei gröfseren Temperaturunterschieden schärfer wird. Das Thermoskop zeigt hier das entgegengesetzte Verhalten wie vorher.

Anstatt den Gegenversuch in der beschriebenen Weise anzustellen, kann man auch so verfahren, dafs man einen Cylinder, den man unten mit dem schweren farblosen, oben mit dem leichten gefärbten Wasser versehen hat, unter wiederholter Anwendung der Glasglocke mit dem leichten Wasser übervoll macht und ihn mit einer ebenen Glasplatte bedeckt, so dafs keine Luftblase oben bleibt. (Der Rand des Cylinders mufs zu diesem Versuch eben geschliffen sein.) Kehrt man den Cylinder nunmehr um, so tritt sofort eine Wasserströmung auf. An der einen Seite des Cylinders senkt sich die farblose Flüssigkeit, auf der anderen Seite steigt die gefärbte empor und nach einigen Augenblicken hat man am Boden wieder eine farblose Schicht, an die sich nach oben alle Schattierungen bis zum tiefsten Blau anschliefsen.

Zu diesen Versuchen sind die Cylinder nahe auf 0° abzukühlen. Das erforderliche Wasser von 0° und 4° stellt man sich in recht geräumigen Gefäfsen durch Umrühren von Schnee oder zerkleinertem Eis in Wasser mit Hilfe eines Holzstabes dar. In dem Wasser von 0° sollen noch einige nicht geschmolzene Eisstückchen schwimmen. Damit diese sich beim Eintauchen der Glocke nicht an dem Tüll festhaken, hält man unter den Tüll ein kreisförmiges Sieb aus feinmaschigem Drahtnetz, an das man am Rande, senkrecht zu seiner Ebene, einen Stiel aus starkem Messingdraht gelötet hat. Das Wasser von über 4° stellt man sich zum letzten Versuche her, indem man den Rest des Wassers von 4° mit Wasser von Zimmertemperatur

mischt und färbt. Nach Herstellung des Wassers von 0° und 4° lassen sich alle Versuche in wenigen Minuten ausführen.

Bemerken will ich noch, dafs die beschriebene Methode, Flüssigkeiten übereinander zu schichten, auch zu anderen Versuchen anwendbar ist, wenn es sich nicht um Erzeugung sehr scharfer Grenzschichten handelt. Man kann z. B. die in vielen physikalischen Sammlungen vorhandene Messingkugel, die in warmem Wasser untersinkt, in kaltem in die Höhe steigt, in einem Cylinder mit Wasser zum Schweben bringen, wenn man denselben unten mit kaltem und darüber mit warmem Wasser auf die angegebene Weise füllt.

Die Geryk-Luftpumpe.

(Patent Fleuss.)

Von

Hermann Hahn-Machenheimer in Berlin-Grunewald.

Es ist ein Verdienst des Herrn Paul Spies, dafs er zuerst[1]) in Deutschland auf die vorzügliche Fleuss Patent Vacuum Pump, die er als Vorpumpe zu seiner einfachen Quecksilber-Luftpumpe benutzte, hingewiesen hat. Der verstorbene Geheime Rat Schwalbe hatte seiner Zeit ein solches Pumpen-Aggregat für das Dorotheenstädtische Realgymnasium angeschafft. Da es nicht anging, den inneren Bau dieser Kolbenluftpumpe mit Ölfüllung (Fig. 1) durch Auseinandernehmen festzustellen, und es auch trotz mannigfacher Bemühungen zunächst nicht glückte, auf anderen Wegen eine klare Einsicht in deren Einrichtung und Wirkungsweise zu gewinnen, so konnte diese Pumpe trotz ihrer grofsen Vorzüge im Unterricht leider nicht verwertet werden. Herr Schwalbe erteilte mir daher den Auftrag, die Einrichtung und Wirkungsweise der Luftpumpe von Fleuss festzustellen. Ich vermochte auch bald nachzuweisen, dafs die Pumpe mit je einem Ventil in dem Kolben und dem Stiefeldeckel versehen ist, und habe auch vergangenen Winter so deren Bau und Thätigkeit in meinen Vorlesungen über Mechanik im Berliner Lehrerverein erklärt. Kurze Zeit danach fand ich jedoch in dem *Text-Book of Physics* von W. Watson (*p. 162*) eine andere Erklärung, die meiner Meinung nach durchaus falsch ist, und bat daher, um eine endgiltige Entscheidung herbeizuführen, die die Pumpe herstellende Fabrik, die Pulsometer Engineering Co. zu London, um Auskunft. In der liebenswürdigsten Weise übersandte mir die Firma eine eingehende Beschreibung und die in Fig. 2 wiedergegebene Zeichnung des Herrn Fleuss. Auf Grund dieser dankenswerten Mitteilungen setze ich im folgenden den inneren Bau und die Wirkungsweise dieser ausgezeichneten Luftpumpe auseinander.

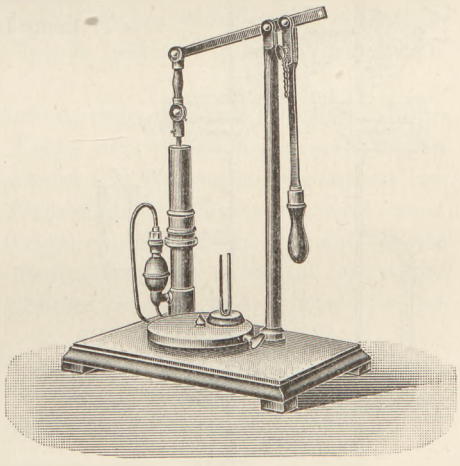


Fig. 1.

In der Abbildung (Fig. 2), welche den einen Stiefel einer Duplex-Pumpe im Durchschnitt darstellt, bezeichnet: *A* das Saugrohr; *B* das Luftloch in dem Cylinder; *C* eine Lederliderung, die dem Cylinder verhältnismäfsig lose anliegt und durch den Druck des Öls in dem ringförmigen Raume *D* an der Cylinderwand hochgehalten wird; *E* das Kolbenventil, das sich nur beim Beginn des Auspumpens bewegt und ganz unthätig bleibt, wenn eine Verdünnung von etwa 13 mm ($^1/_2$ inch) erreicht ist; *F* ein Saugrohr zum Entlasten des

[1]) d. Zeitschr. *VIII, 363.*

Kolbens bei den ersten paar Hüben; *G* eine Hülse, durch welche die Kolbenstange frei hindurchgeht; *I* eine Liderung zum Abdichten der Kolbenstange, deren Flantsch die Hülse *G* bedeckt und so mit dem Deckel *H* einen reibungslosen Ersatz für eine Stopfbüchse und zugleich ein Auslafsventil bildet.

Befindet sich der Kolben an dem unteren Ende seines Hubes, so ist die Verbindung zwischen dem Saugrohr *A* und dem Cylinder durch die Öffnung *B* vollständig frei. Geht der Kolben aufwärts, so wird diese Verbindung abgeschnitten und die Luft über dem Kolben zu dem Auslafsventil *G* emporgetrieben. Da eine Ölschicht, die höher als 13 mm ($^1/_2$ inch) ist, den Kolben bedeckt, kann keine Luft unter ihn zurückdringen. Beim Hinaufgehen des Kolbens nimmt die Spannung der abgeschnittenen Luft zu, drückt die Lederliderung fest gegen die Cylinderwand und verhindert so, dafs das Öl während des Kolbenaufgangs unter den Kolben tritt. Sollte doch etwas Öl unter den Kolben gelangen, so dringt es, sobald dieser das untere Ende seines Hubes erreicht hat, durch das Ventil *E* wieder nach der Oberseite. Kommt der Kolben an das obere Ende seines Hubes, so drückt er gegen das Ventil *G* und hebt es 6,5 mm ($^1/_4$ ″) in die Höhe, so dafs die Luft austreten kann. Über dem Kolben steht so viel Öl, dafs eine beträchtliche Menge davon durch das Ventil *G* gedrückt wird und dabei alle Luft vor sich hertreibt. So lange der Kolben am oberen Ende seines Hubes steht, kann sich das Ventil nicht schliefsen, und es fliefsen daher die Ölmengen *J* und *K* zu einer einzigen Masse zusammen, sodafs, obgleich das Ventil vollständig offen ist keine Luft zurück kann. Das Ventil *G* kann sich erst wieder

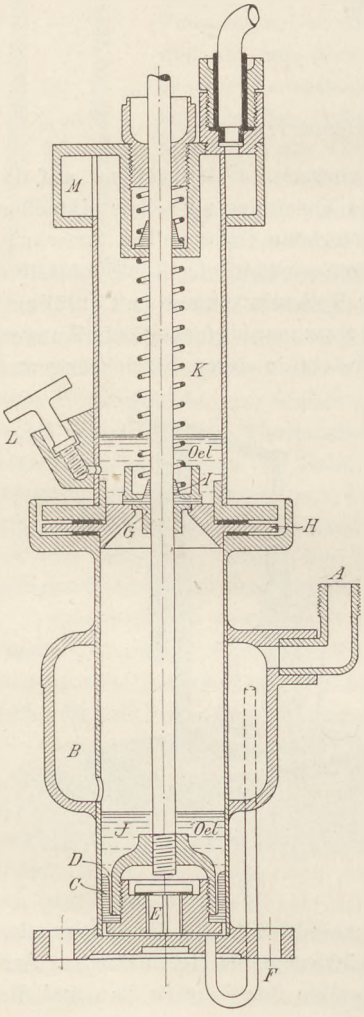


Fig. 2.

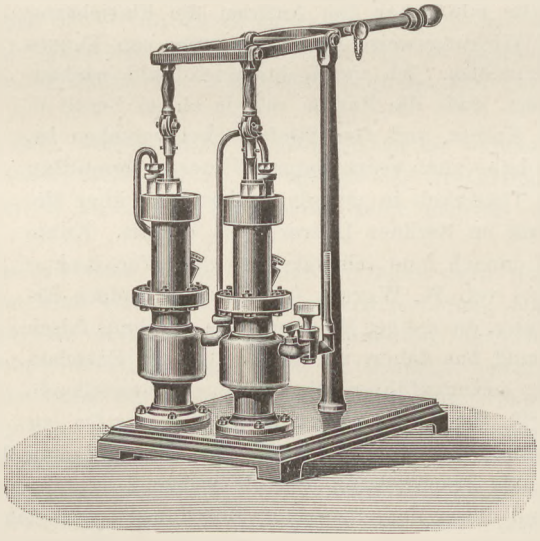


Fig. 3.

schliefsen, wenn der Kolben um 6,5 mm ($^1/_4$″) abwärts gegangen, und demgemäfs eine 6,5 mm hohe Schicht Öl in den Cylinder zurückgeflossen ist. Diese Schicht wird bei dem nächsten Aufgange wieder durch das Auslafsventil hindurchgedrückt.

L ist ein Rohrstutzen zum Einfüllen des Öls. Man gieſst so viel davon in den Stiefel *K*, bis der Stutzen überfliefst. *M* ist eine ringförmige Kammer, welche den oberen Teil des oberen Stiefels umgiebt und mit diesem durch einen engen Einschnitt in der Zwischenwand in Verbindung steht. Sie hat den Zweck, kleine Öltröpfchen, welche die Luft bei der

Inbetriebsetzung der Pumpe mitgerissen hat, abzufangen. Die Ölfüllung reicht, wofern sie nicht durch fremde Stoffe verunreinigt wird, unbegrenzte Zeit. Die zu erreichende Verdünnung hängt in hohem Mafse von der besonderen Ölsorte ab, die Fabrikgeheimnis ist und in grofsen und kleinen Mengen von der genannten Firma bezogen werden kann. Bei der Verwendung eines anderen Öls ist zu befüchten, dafs die Pumpe nicht ihre volle Leistung liefern oder sogar beschädigt wird.

Mit der einstiefeligen Gerykpumpe (No. 0 Size, Fig. 1) kann man Verdünnungen bis zu $^1/_4$ mm bequem erzeugen. Mit einer zweistiefeligen Reihenpumpe (Duplex No. 1, Fig. 2 und 3), bei welcher der eine Stiefel mit dem anderen ausgepumpt wird, erhält man sehr viel grössere Verdünnungen. Mit einer guten Trockenröhre hat man Verdünnungen bis zu 0,0002 mm, gemessen mit einem grofsen Mac Leodschen Manometer, erreicht.

Die Ventile arbeiten selbstthätig; die Gerykpumpe ist also ebenso einfach wie eine Wasserpumpe zu handhaben. Da die Pumpe zunächst für technische Zwecke, zur Herstellung von Glühlampen, bestimmt ist, so erfüllt ihre Bauart alle Ansprüche, die an die Festigkeit einer Maschine zu stellen sind, welche der harten Faust ungebildeter Arbeiter im täglichen Betriebe ausgesetzt ist. Als Schulapparat ist sie geradezu als unverwüstlich zu bezeichnen. Die Pumpe ist stets fertig zum sofortigen Gebrauch, selbst wenn man sie mehrere Monate nicht benutzt hat, und kann, da sie sehr sauber im Betrieb ist, ohne Reinigung sogleich nach der Benutzung wieder in die Sammlung, wo sie nur geringen Raum beansprucht, zurückgestellt werden. Da alle Ventile und der Kolben in Öl laufen, so arbeitet die Pumpe nahezu reibungslos, und erfordert ihr Betrieb nur so geringe Kraft, dafs selbst ganz schwächliche Lehrer sie ohne Anstrengung während des Unterrichts bedienen können, zumal die Handhabung, da man dabei ja nichts falsch machen kann, keinerlei Sorgfalt verlangt. Die Pumpe hält die Verdünnung beliebig lange, und man kann sie daher so langsam, wie es gerade die Versuche erfordern, arbeiten lassen; andererseits gestattet sie ein sehr schnelles Auspumpen, die Duplexpumpe No. 1 z. B. leistet in einer Minute so viel wie eine Sprengelsche Pumpe in einer Stunde.

Herr Poske hat neuerdings mit Recht die Forderung aufgestellt: die Luftpumpen im Anschlufs an die Wasserpumpen zu behandeln. Keine der vorhandenen Luftpumpen schmiegt sich so eng an den Bau und die Wirkungsweise der Wasserpumpen an, wie die von Fleuss erfundene. Man genügt also auch den Forderungen moderner Methodik, wenn man die Ölluftpumpe aus dem Fabriksaal in den Hörsaal verpflanzt. In England ist die Gerykpumpe, die der Royal Society und der Royal Institution of Great Britain auf besonderes Ersuchen vorgeführt wurde, in den hervorragendsten Schulen und Laboratorien bereits eingeführt.

Es empfiehlt sich, die Pumpen direkt von der Pulsometer Engineering Co., Ltd., Nine Elms Iron Works, London S. W., zu beziehen. Es kommen für Unterrichts- und Laboratoriumszwecke folgende Ausführungen, insbesondere No. 0 Size, in Betracht:

Modell	Preis in M	Verpackung in M	Bruttogewicht in kg
No. 0 Size	85	4,50	38
No. 1 -	100	4,50	41
No. 2 -	150	6	51
Duplex No. 1	310	8	85

Zu den angeführten Preisen und Verpackungskosten tritt noch die Fracht hinzu; sie beträgt z. B. von London nach Berlin etwa 6,50 M für je ein cwt (hundred-weight) = 51 kg, mindestens aber 6,50 M.

Zur Demonstration des Dopplerschen Prinzips.

Von

Dr. **D. van Gulik** in Apeldoorn, Holland.

Da in den letzten Jahren an mehreren der gröfsten Observatorien die Astronomen sich bemühen, aus der Verschiebung der Spektrallinien immer mehr wichtige Resultate zu erhalten über die Geschwindigkeit der Sterne, Rotationsdauer der Planeten, Umlaufszeit der Doppelsterne u. s. w., ist es notwendig geworden, die Schüler mit dem Dopplerschen Prinzipe bekannt zu machen. Am besten gelingt es wohl, das Prinzip bei der Behandlung des Schalles einzuführen, um so mehr weil man hier mehrere Experimente zur Erläuterung vorführen oder beschreiben kann[1]).

Man hat zwei Klassen dieser Versuche zu unterscheiden. Zur ersten Klasse, welche man die direkten Beweise nennen könnte, gehören: die Tonerzeugung auf Lokomotiven (Buys-Ballot); die Tondifferenz zwischen dem Pfiff einer Lokomotive und seinem Echo; dasselbe beim Signalhorn von Fahrrädern; Tonänderung eines Pfeifchens oder einer Stimmgabel, welche im horizontalen Kreis herumgeführt wird (Mach), oder am langen Stab geschwungen wird (Wood) und das abgeänderte Savartsche Zahnrad, wobei die Karte gedreht wird und die Zähne fest sind (Fizeau).

Zweitens hat man die indirekten Beweise, wozu gehören: die ausbleibende Resonanz bei Bewegung der einen von zwei unisono Stimmgabeln (A. Mayer); das Eintreten von Schwebungen bei diesen Gabeln, wenn beide ertönen und eine hin- und herbewegt wird; und die Zu- oder Abnahme der Zahl der Schwebungen bei Bewegung der Gabeln, von denen eine mit Wachskugeln beschwert ist (König); die Beobachtung von Schwebungen, wenn eine Schallquelle zur reflektierenden Wand hin- und herbewegt wird.

Zur Demonstration auf der Schule stehen mehrere dieser Versuche zu Diensten. Nur sind die Resultate, zumal wenn das Auditorium nicht sehr klein ist, nicht immer befriedigend. Bekanntlich ist dieses Mifslingen der Reflexion an den Zimmerwänden zuzuschreiben. Sicher gelingt aber der Versuch nach der letztgenannten Methode mit einer starken, sehr hohen Stimmgabel ohne Resonanzkasten, welche langsam senkrecht zur Wand genähert und von ihr entfernt wird.

Hier tritt aber die Schwierigkeit auf, dafs die Methode indirekt ist, um so mehr weil man sofort bemerkt, dafs immer Tonminima erhalten werden an denselben Stellen, und zwar wo auch Minima wahrgenommen werden, wenn die Gabel an diesen Stellen ruhig steht[2]). Somit drängt sich im ersten Augenblick unwillkürlich der Gedanke auf, das Eintreten der Schwebungen habe mit der Bewegung (also mit dem Dopplerschen Satz) nichts zu schaffen. Freilich genügt eine einfache Erwägung, wie sie schon Mach[3]) gemacht hat, um die Unrichtigkeit dieser Schlussfolgerung zu zeigen. Das ist aber eben der Einwand gegen diesen Versuch, dafs er eine Erwägung erfordert und nicht selbstverständlich ist.

Deshalb habe ich versucht, Machs Versuch mit der rotierenden Stimmpfeife in der Weise abzuändern, dafs derselbe auch im Zimmer sicher gelingt; es dient dazu ein Apparat, den man sich als Nebenapparat der Schwungmaschine leicht verfertigen kann, und dessen Beschreibung ich hier folgen lasse.

---

[1]) Ein Laboratoriumapparat zur Demonstration des Prinzips in seiner Anwendung auf Lichtwellen ohne Zuhülfenahme himmlischer Objekte ist neuerdings von Bélopolsky beschrieben im Astrophys. Journ. Jan. 1901. Vgl. d. Heft S. 302.

[2]) Sehr angenähert ist dies der Fall. Ein Beobachter, der sich in der Bewegungsrichtung befindet, würde diesenfalls per Sek. $\frac{2vn}{V}$ Schläge zählen müssen. In der That hört er $\frac{2vnV}{V^2-v^2}$ Schläge. Beide Zahlen sind gleich grofs, wenn v^2 gegen V^2 zu vernachlässigen ist. Es ist v die Geschwindigkeit der Gabel und V die des Schalles.

[3]) Wien. Akad. Ber. 1878.

Eine Messingröhre von 16 cm Länge und 0,9 cm Weite (Fig. 1), die vertikal auf die Schwungmaschine gestellt wird, ist senkrecht an der Mitte eines andern Messingrohrs AB von 12 cm Länge angelötet. Um die eine Hälfte (A) ist eine dünnwandige Glasröhre (lang 40 cm, weit 1,1 cm) gekittet, welche am Ende die Pfeife P (Stimmton a') trägt. Die Hälfte B ist geschlossen und trägt ein Bleigewicht, um die Centrifugalkraft aufzuheben. Im Vertikalrohr ist circa 3 cm unter AB ein Längenschlitz S ausgefeilt, lang 2 und weit 0,15 cm.

Weiter durchbohrt man einen grofsen Kork der Länge nach, so dafs die Vertikalröhre sich dem Loche genau anschliefst. Der Kork erhält weiter noch eine Querbohrung QR (Fig. 2), welche mit der Längenbohrung durch zwei Spalten oder Schlitze von 1,8 cm Höhe communiziert[4]). Bei Q und R sind kurze Glasröhrchen im Korke eingekittet, welche die zwei Gummischläuche vom Gebläsetisch tragen. Dieser Kork wird bei Schlitz S auf das Vertikalrohr gesteckt, und nachdem man den Apparat auf die Rotationsmaschine gesetzt hat, wird der Kork in einem Stative festgeklemmt, damit er sich nicht mit der Röhre herumdrehen kann. Wird durch Schlauch R Luft geblasen, so ertönt die Pfeife, so lange der drehende Schlitz S mit Bohrung R communiziert. Bei jedem Umlauf ist dieses während 100° der Fall.

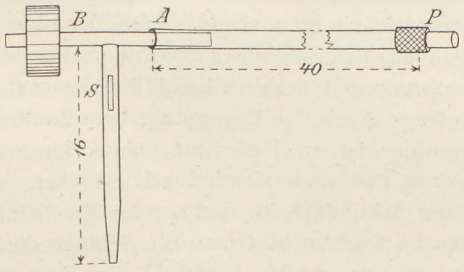


Fig. 1.

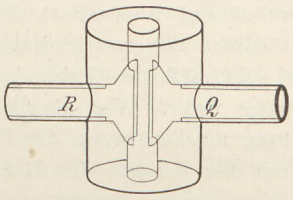


Fig. 2.

Der Kork mufs in solcher Stellung geklemmt sein, dafs die Pfeife sich alsdann dem Beobachter nähert. Wird nachher Luft durch Bohrung Q geblasen, so ertönt die Pfeife bei Entfernung vom Auditorium jedesmal während 100°. Bei schneller Drehung hört man also einen Ton, der höher oder tiefer ist, je nachdem man Luft durch den einen oder den anderen der beiden Schläuche bläst. Eine einfache Rechnung lehrt, dafs auf diese Weise eine Tondifferenz von einem ganzen Tone schon erreicht wird, wenn die Pfeife eine Geschwindigkeit von 20 m hat. Ich brauche hierzu dem Schnurrade der Stöhrerschen Schwungmaschine nur eine Rotationsdauer von $^3/_4$ Sek. zu geben.

Der Versuch würde noch schöner sein, wenn man statt des intermittierenden Tones einen dauernden Ton hervorbringen könnte, welches gewifs annähernd der Fall sein mufs, wenn man z. B. statt einer vier Pfeifen, deren Luftkanäle ein Kreuz bilden, anwendet. Ich habe aber einen solchen Apparat nicht construiert, weil hierbei die folgenden Versuche nicht zu machen sein würden, die bei der einfachen Einrichtung mit einer Pfeife die Tonänderung am schönsten demonstrieren. Wenn man nämlich durch beide Schläuche Q und R gleichzeitig Luft bläst, hört man abwechselnd einen erhöhten und einen vertieften Tonstofs. Bei sehr langsamer Drehung der Maschine überzeugt man sich anfänglich, dafs die Tonhöhe dieselbe ist; schon bei mäfsig schneller Rotation tritt eine deutlich hörbare Tondifferenz hervor.

Dieser letzte Versuch unterscheidet sich vom Machschen in zwei Hinsichten. Erstens ist wegen des bezw. geringen Rotationsbahndurchmessers die Reflexion an den Zimmerwänden nicht so störend, weil die Pfeife gar nicht in die Nähe dieser Wände zu kommen braucht. Und zweitens gehen die erhöhten und die vertieften Töne nicht allmählich (sinussoïdal) in

[4]) Man stellt sich diese leicht auf folgende Weise her. Zuerst wird die Längenbohrung hergestellt, hierauf fängt man mit der Querbohrung an, indem man von beiden Seiten den Bohrer fast, aber nicht ganz, bis zum Längenkanal hineintreibt. Nun schneidet man mit einem scharfen Messer den Kork vertikal mitten durch, sodafs die Querkanäle leicht vollendet werden. Schliefslich leimt man die Hälften wieder zusammen.

einander über, sondern plötzlich. Die Zwischentöne fehlen praktisch ganz; denn man berechnet leicht, dafs, falls die beiden Töne um einen grossen ganzen Ton verschieden sind, der Ton sich während eines Stofses um wenig mehr als ein Komma ändert.

Man kann den Kork noch durch einen andern ersetzen, der mit vier, statt zwei, Querbohrungen versehen ist. Dieselben sind durch vier Schläuche mit vier durch Schieber verschliefsbaren Öffnungen des Blasetisches verbunden. Die Schlitze innerhalb des Korkes müssen hier enger sein, so dafs die Pfeife bei Drehung über nur 60° ertönt. Durch richtige Bewegung dieser Schieber erhält man wieder den erhöhten oder den vertieften Ton, oder auch den nicht erhöhten Ton a' selber. Sind alle vier Schieber geöffnet, so hört man in rascher Folge: a, $\sharp a$, a, $\flat a$, a, $\sharp a$ u. s. w. Diese Tonfolge erleichtert die Beobachtung natürlich sehr und macht die Demonstration sehr schön, zumal wenn die Maschine nur langsam gedreht wird. Selbstverständlich gehen auch hier die Töne plötzlich in einander über.

Am Schlufs möchte ich noch auf die Notwendigkeit hinweisen, die Röhren nicht enger zu nehmen, als angegeben ist. Sonst wird die Tonstärke bedeutend herabgesetzt, und die Pfeife giebt einen anderen Ton, als wenn sie direkt mit dem Munde angeblasen wird. Derselbe Übelstand kann eintreten, wenn die Glasröhre bei A zu kurz genommen wird. —

Es sei mir noch gestattet, darauf aufmerksam zu machen, dafs jeder, der sich für diese Erscheinung interessiert, öfters Gelegenheit hat, sie zu beobachten. Wer auf dem Fahrrade einem anderen Radfahrer begegnet, während dessen Signalklingel ertönt, nimmt, selbst bei sehr mäfsiger Geschwindigkeit, im Augenblick der Begegnung eine deutliche Tonerniedrigung wahr. Wer aber altmodisch genug ist zu Fufse zu gehen, kann dieselbe Beobachtung machen, wenn der ihm begegnende Radfahrer ziemlich schnell fährt.

Auch die Klingel der Lokomotive einer Sekundärbahn vermag die Erscheinung auf verschiedene Weise hervorzurufen. Sitzt man im Zug, so hört man die Schläge der Klingel in der wirklichen Tonhöhe. Fährt man aber auf zwanzig bis fünfzig Meter Entfernung an einem Hause vorbei, so dringt auch das Echo durch das geöffnete Fenster herein und man hört abwechselnd die direkten und die reflektierten Schläge der Klingel. Die Höhe beider Töne ist dieselbe, falls die reflektierende Wand parallel zur Bewegungsrichtung des Zuges ist; im anderen Falle mufs ein Tonunterschied auftreten. Macht die Wand mit der positiven Bewegungsrichtung einen scharfen Winkel, so wird der reflektierte Ton vertieft, ist der Winkel stumpf, so mufs dieser Ton erhöht gehört werden. Ich habe diese Fälle alle sehr gut beobachten können.

Kleine Mitteilungen.

Das Wärmegleichgewicht der Atmosphäre nach den Vorstellungen der kinetischen Gastheorie.

Von Dr. **F. Koerber** in Gross-Lichterfelde.

In der im vorigen Jahrgang (S. 330) veröffentlichten Mitteilung über „die Abkühlung vertikal aufsteigender Luft“ habe ich die Ansicht von Bezold's über die Ursache dieser Erscheinung kurz wiedergegeben, da dieselbe den Standpunkt der Mehrzahl der heutigen Meteorologen in dieser Frage zum Ausdruck bringt und auch mir die einfachste Erklärung der für die Meteorologie so fundamentalen Erscheinung der Temperaturänderungen in vertikalen Luftströmen zu bieten scheint. Einem der Redaktion von verschiedenen Seiten ausgesprochenen Wunsche gemäfs möge nun aber auch die Auffassung Prof. A. Schmidt's, des Direktors der meteorologischen Centralanstalt in Stuttgart, zu Worte kommen, zumal dieser Gelehrte sich mit einer Anzahl anderer namhafter Forscher, wie Guthrie, Hansemann, Loschmidt und Landenberger in Übereinstimmung befindet, es sich also hier jedenfalls um ein interessantes Problem handelt, dessen Lösung auf ganz verschiedenen Wegen versucht worden ist.

Während von Bezold und Sprung nur die thermodynamischen Gesetze für die Ableitung von Temperaturänderungen in der Atmosphäre in Anspruch nehmen, geht nämlich

Schmidt auf die Vorstellungen der kinetischen Gastheorie ein und betrachtet die Bewegungen der Gasmolekeln, deren mittlere kinetische Energie die Temperatur des Gases ausmacht. Da die Schwerkraft die Geschwindigkeit der aufwärts gerichteten Bewegungen vermindert, die der abwärts gerichteten vergröfsert, wird sie nach Schmidt die mittlere kinetische Energie der Luftmolekeln in höheren Schichten so lange vermindern, in tieferen erhöhen, bis der isoenergetische Zustand erreicht ist, d. h. bis die Summe der potentiellen und mittleren kinetischen Energie der Molekeln in allen Höhenlagen die gleiche ist. Da nun die Zunahme der potentiellen Energie eines Kilogramms Luft bei Erhebung um 100 m gleich 100 Meter-Kilogramm ist, so müsste bei Constanz der Gesammtenergie die Wärmeenergie um $\frac{100}{425}$ Calorien abnehmen, was bei der specifischen Wärme $c_v = 0{,}169$ eine Temperaturabnahme um $\frac{100}{425} \cdot 0{,}169 = 1{,}4^0$ Celsius[1]) bedingen würde. Bei solcher Temperaturverteilung wäre das indifferente, statische Gleichgewicht erreicht, denn bei Vertauschung zweier Luftmengen aus verschiedenen Höhen würde sich nichts ändern, da die gesunkene infolge der Vermehrung der kinetischen Energie ihrer Molekeln gerade wieder die Temperatur der betreffenden Luftschicht annehmen würde, während ebenso die aufsteigende Luft sich auf die Temperatur ihrer neuen Umgebung abkühlen müfste. Wäre der Temperaturabfall in der Atmosphäre gröfser als 1,4° pro 100 m, so würde die nach oben gebrachte Luft wärmer als ihre Umgebung sein, sie müfste also weiter emporsteigen, umgekehrt würde die nach unten gelangte Luft kälter als die Umgebung bleiben und deshalb weiter sinken müssen; das Gleichgewicht wäre also in diesem Falle labil, wogegen es bei einem Temperaturabfall von weniger als 1,4° stabil sein würde. Die Thatsache, dass in Wirklichkeit der Temperaturabfall erheblich kleiner ist und namentlich in höheren Luftschichten immer mehr abnimmt, darf nicht Wunder nehmen, da ja durch Convektion, durch Freiwerden von Wärme bei der Ausscheidung des emporgestiegenen Wasserdampfes, und auch durch Strahlung beständige Wärmetransporte in die oberen Luftschichten statthaben, von denen bei den vorhergegangenen Überlegungen abgesehen wurde.

Die nach Schmidt in der angegebenen Weise aus den Molekelbewegungen ableitbare Temperaturverteilung[2]) beweist nach demselben Autor, dafs die Ausdehnung beim Aufsteigen der Luft ohne Arbeitsleistung erfolge, dafs sich also in der Natur beständig der Gay-Lussac-Joule'sche Versuch mitsamt seiner Umkehrung von selbst vollziehe. Unseres Erachtens kann man mit mehr Recht umgekehrt folgern: Da die Abkühlung aufsteigender Luft bereits durch die Arbeit leistende Expansion vollauf erklärt wird, so sind die hypothetischen Vorstellungen der kinetischen Gastheorie nicht erforderlich und die eben angedeuteten Überlegungen dürften mit der Wirklichkeit nicht im Einklang stehen. Nach Schmidts Vorstellung müfste auch in einer ruhenden Gasmasse ein Temperaturabfall von 0,014° pro Meter sich einstellen, wenn jede äufsere thermische Einwirkung ausgeschlossen wird. Solange diese Folgerung seiner Überlegungen nicht eine experimentelle Bestätigung gefunden hat, dürfen wir wohl der mathematischen Analyse eines Maxwell[3]) und Boltzmann[4]) vertrauen, deren Ergebnis ist, dafs trotz der Schwere die Luftsäule gleicher Temperatur sich im Wärmegleichgewicht befindet.

Übrigens erkennt auch Schmidt einen adiabatischen Gleichgewichtszustand an, bei welchem der Temperaturgradient nur 0,01° pro Meter wäre, also so grofs, wie ihn zuerst Hann bei der Erklärung des Föhns angab, und wie ihn später Reye, Sprung und

[1]) Da Schmidt den von Guldberg und Mohn begangenen Fehler der Verwechselung von c_v mit c_p vermeidet, findet er nicht 1°, sondern 1,4° Temperaturabfall pro 100 m.

[2]) Nähere Ausführung findet der Leser in der Originalabhandlung Schmidts im IV. Bande von Gerlands „Beiträgen zur Geophysik".

[3]) Nature VIII, p. 537.

[4]) Sitzungsber. d. Wiener Akad. Bd. 72, II Abt. 1875, p. 427. Ferner Bd. 74, II. Abt. 1878, p. 503.

von Bezold acceptierten. Doch kommt Schmidt zu dem Schlufs, dafs diese Temperaturverteilung thatsächlich kein Gleichgewichtszustand, sondern eine in einzelnen Teilen der Atmosphäre bei raschen Bewegungen sich ausbildende Verteilung der Temperatur sei. „Das isoenergetische Gleichgewicht ist ein Idealzustand, dem die Molekularbewegung ewig zutreibt, ohne ihn dauernd zu erreichen. Aber seine Wahrheit liegt eben in seiner Idealität. Er allein löst uns das Rätsel der Unerschöpflichkeit der Natur an Arbeit erzeugender Wärme. Alle die Gleichgewichtsstörungen, welche den adiabatischen Zustand befördern, entspringen nicht aus der Luft selbst, sondern mittelbar meist aus der Sonnenwärme. Dagegen die von oben nach unten gehende Wärmeströmung, welche die Diffusionsbewegung der Moleküle unter der Wirkung der Schwere vollbringt, liegt im Wesen des Gases begründet und ist keines äufseren Anlasses bedürftig.“ Ja, Schmidt steht nicht an, die Überzeugung auszusprechen, „dafs es sich hier um die Sache des wahren und wirklichen perpetuum mobile handelt“, das in unserer Luft in analoger Weise verwirklicht sei wie bei den Bewegungen der Himmelskörper. So wie bei einem Cometen bei jedem Umlauf eine Verwandlung von potentieller Energie (im Aphel) in kinetische (im Perihel) sich vollzieht, so sollen auch die Molekeln der Atmosphäre trotz aller Collisionen in den höheren Schichten potentielle Energie, in der Tiefe aber kinetische Energie aufweisen, die uns als Wärme erscheint.

Zwei Versuche über elektrische Schwingungen.

Von **P. Spies** in Potsdam.

1. Der erste der beiden folgenden Versuche soll einen einfachen Beleg dafür geben, dafs sich die Entladung einer Leydener Flasche unter gewöhnlichen Umständen oscillierend vollzieht.

Die Flasche I (Fig. 1) ist durch zwei Drähte mit den Kugeln A und B verbunden, in deren Nähe die Leitungen von der Influenzmaschine endigen. Die äufsere Belegung der zweiten Flasche ist mit der von I verbunden; an die inneren Belegungen ist eine zweite Funkenstrecke angeschlossen, am einfachsten in Form von zwei kurzen Stäben, welche in die Knöpfe der beiden Flaschen eingesetzt sind und die Kugeln $C\,D$ tragen. Die Funkenstrecke $C\,D$ ist durch eine feuchte Schnur überbrückt, welche selbst bei schnellem Drehen der Maschine hinreicht, D auf dasselbe Potential zu laden wie C.

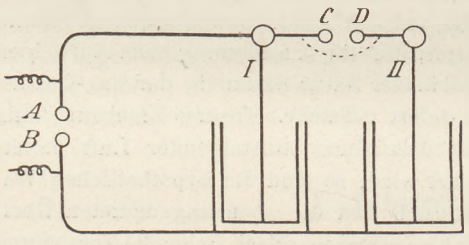


Fig. 1.

Man beobachtet nun, dafs, sobald in $A\,B$ ein Funke übergeht, dies auch bei $C\,D$ der Fall ist.

Die Erklärung geht am einfachsten von der Annahme aus, dass die äufsere Belegung auf dem Potential Null gehalten werde. Vor dem Übergange eines Funkens habe C das Potential 20000 Volt. Tritt durch einen Funken in $A\,B$ eine oscillierende Entladung ein, so kann C im äufsersten Falle den Zustand — 20000 Volt erhalten, hat also gegen D eine Potentialdifferenz von 40000 Volt. Dieser Unterschied gleicht sich durch die feuchte Schnur nicht schnell genug aus; vielmehr entsteht ein Funke, welcher entsprechend obigen Zahlen erheblich länger gemacht werden kann als der in $A\,B$. Letzteres ist besonders dann der Fall, wenn in die Entladungsbahn von $A\,B$ einige Drahtwindungen eingeschaltet, also die Selbstinduktion vergröfsert wird[1]). Hingegen hört beim Einschalten eines hohen Widerstandes, z. B. eines wassergefüllten Rohres, das Überspringen der Funken bei $C\,D$ auf, ein Beweis dafür, dafs sich die Entladung nun nicht mehr oscillierend vollzieht.

2. Ein zweiter Versuch, welcher sich an eine Anordnung von O. Lodge anlehnt, soll zeigen, dafs die in der Entladungsbahn einer Flasche zustande kommenden Schwingungen sich im umgebenden Medium ausbreiten und in benachbarten Leitungsbahnen Schwingungen

[1]) Ob dies auf der von Prof. E. Warburg (Verh. d. phys. Ges. Nov. 1900) untersuchten Verzögerung der Entladung beruht, die bei schnellen Schwingungen stärker ins Gewicht fiele als bei langsamen, oder auf der durch die Selbstinduktion verringerten Dämpfung, habe ich nicht untersucht.

erregen, sowie ferner, dafs die Resonanz, welche das Entstehen solcher Schwingungen begünstigt, von Selbstinduktion und Capacität in gleicher Weise abhängig ist.

Die Flasche I wird ebenso aufgestellt wie zuvor. Bei der Flasche II wird die innere Belegung mit der äufseren durch eine vollständig geschlossene Entladungsbahn von veränderlicher Gröfse verbunden; dies geschieht (Fig. 2) mittels zweier paralleler Drähte, welche isoliert endigen und mittels des Bügels *F* überbrückt werden. Die Entladungsbahn der zweiten Flasche liegt in einer Ebene, welche zu derjenigen der ersten parallel ist und von ihr 50—70 cm Abstand hat; in der Regel wird man Flasche II mehr nach dem Beschauer hin aufstellen. Läfst man nun durch Ladung und Entladung der ersten Flasche Schwingungen zustande kommen, so wird auch das System II in Schwingungen versetzt, und zwar sind diese besonders stark, wenn bei gleicher Capacität der Flaschen die beiden Entladungsbahnen eine gleiche Fläche umschliefsen. Die Gleichheit der Capacität ist bei gleich grofsen Flaschen fast immer nahezu vorhanden.

Um das Vorhandensein der Schwingungen in II zu zeigen, darf man nicht etwa den Bügel etwas locker auflegen und in der so entstehenden Lücke ein Fünkchen zu erzielen suchen; denn nur das Geschlossensein der Bahn bewirkt starke Schwingungen in II. Es ist vielmehr noch eine Art Kurzschlufs in der zweiten Flasche vorhanden in Gestalt eines Stanniolstreifens *E*, welcher die innere Belegung mit der äufseren bis auf einen Zwischenraum von 1—3 mm verbindet. Ist infolge der entstandenen Schwingungen in einem Augenblicke das Potential der beiden Belegungen entgegengesetzt, so springen in dieser Lücke hellglänzende Fünkchen über.

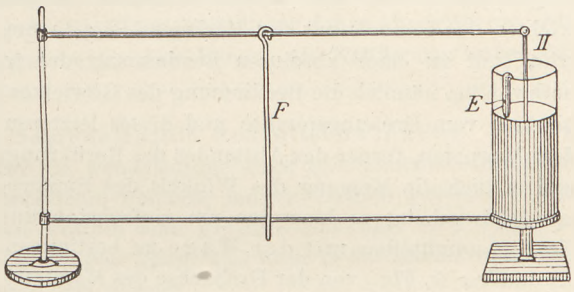


Fig. 2.

Benutzen wir nun statt der primären Flasche eine andere von doppelter Capacität oder einfacher zwei Flaschen, so hört das Funkenspiel bei *E* auf, obwohl nunmehr die primären Schwingungen kräftiger sind. Um die Resonanz wieder herzustellen, können wir entweder auch in dem System II die doppelte Capacität anwenden, oder aber wir verschieben den Bügel *F* nach links, vergröfsern also die vom Strome umflossene Fläche, d. h. die Selbstinduktion. Es zeigt sich, dafs wir in dieser Beziehung ebenfalls eine Verdoppelung eintreten lassen müssen, um die doppelte Capacität zu compensieren. Die Schwingungszahl hängt somit von dem Produkte der genannten beiden Gröfsen ab (Hinweis auf die beiden Faktoren, welche die Schwingungszahl einer Stimmgabel beeinflussen: Masse der Stimmgabelzinken und Elastizität der Gabel in den Knotenstellen).

Die Bestimmung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus mittelst der Wage.

Von **J. Dechant** in Wien.

Da gegenwärtig der physikalische Unterricht auf der Oberstufe der Mittelschule wohl zweifellos auf das absolute elektromagnetische Mafssystem einzugehen hat, diesem aber die Kenntnis der Horizontalintensität des Erdmagnetismus in absolutem Mafse zu Grunde liegt, so erscheint es in hohem Grade wünschenswert, dafs diese wichtige Constante nicht blofs den Schülern mitgetheilt, sondern durch einen Schulversuch annäherungsweise ermittelt werde.

Allein während der hierzu nothwendige Ablenkungsversuch rasch und ohne besondere Schwierigkeit ausgeführt werden kann, erfordert der Schwingungsversuch die Kenntnis des Trägheitsmomentes des schwingenden Magnetstabes, dessen Ermittlung sowohl auf dem Wege der Rechnung, als auch auf dem des Versuches für den Mittelschulunterricht als zu weitgehend und zu zeitraubend angesehen wird.

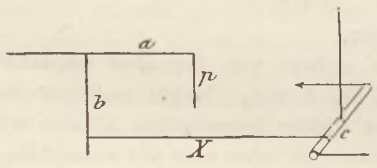
Man hat daher schon wiederholt das von der Horizontal-Componente des Erdmagnetismus

auf einen in einer Horizontalebene drehbaren Magnetstab ausgeübte Drehungsmoment (MH) statt durch Schwingungsversuche unmittelbar zu bestimmen gesucht, indem man jene Kaft X zu messen trachtete, die im Abstande c von der Drehachse parallel zum magnetischen Meridian wirken mufs, damit der Magnetstab in einer zum magnetischen Meridian senkrechten Lage verbleibe, dafs also $MH = X \cdot c$ werde.

Die nächstgelegene Methode besteht bekanntlich darin, dafs man um den Magnetstab einen Coconfaden schlingt, diesen parallel zum magnetischen Meridian über eine Rolle leitet und am Ende desselben die das Gleichgewicht herstellenden Mefsgewichte anbringt. Dieser Weg liefert aber begreiflicherweise wegen der Reibungsverhältnisse an der Rolle sehr ungenaue Resultate und ist nur bei stärkeren Magneten anwendbar.

Eine andere sehr beachtenswerte und mit nur geringen Mitteln ausführbare Versuchsanordnung wurde von J. Kleiber im 10. Jahrg. dieser Zeitschrift, S. 72 und von H. Püning in demselben Jahrgang, S. 288 beschrieben. Die Genannten bringen mit dem horizontal beweglichen Magnetstab ein Papierpendel in Berührung und vergrösern durch Verschieben des Pendels dessen Neigung so lange, bis der Magnet senkrecht zum Meridian gehalten wird. Abgesehen davon, dafs hierbei immerhin zu erörtern bleibt, welche Componente des Gewichtes des Pendels mit der Horizontalcomponente des Erdmagnetismus in Wechselwirkung tritt, sind zu einer absoluten Bestimmung der fraglichen Kraft ziemlich viele Messungen nothwendig, nämlich die Bestimmung des Gewichtes des Pendels, des Abstandes seines Schwerpunktes vom Drehungspunkte und dieses letzteren vom Berührungspunkte des Pendels mit dem Magneten, ferner des Abstandes des Berührungspunktes von der Drehachse des Magneten und endlich die Messung des Winkels des Papierpendels mit der vertikalen Richtung.

Mir scheint es hingegen am einfachsten und anschaulichsten zu sein, die Gröfse der Kraft X unmittelbar mit der Wage zu bestimmen. Ich verbinde zu diesem Zwecke den im Abstande c (s. Fig.) von der Drehachse des Magneten angebrachten Coconfaden mit der Zunge einer Wage, so dafs dieser horizontal verläuft. Hierauf verschiebe ich die Wage bei arretiertem Balken so, dafs der Faden und der Wagebalken die Richtung des magnetischen Meridians besitzen, und dafs gleichzeitig der Magnetstab eine zum magnetischen Meridian senkrechte Lage einnimmt. Um diese Verschiebungen leichter vornehmen zu können, empfiehlt es sich, die Wage auf eine Glasplatte zu stellen.



Läfst man nun die Wage frei, so wird die Zunge durch den in seine Ruhelage zurückstrebenden Magnet vorwärts gezogen. Die Messgewichte aber, die man in die aufsteigende Wagschale legt (p), stellen wieder das Gleichgewicht her. Mifst man noch die Länge des Wagebalkens (a) und den Abstand des Befestigungspunktes des Fadens an der Zunge vom Drehpunkte der Wage (b), so ist der an dem Faden wirkende Zug $X = p \cdot \frac{a}{b}$ und mithin

$$MH = p \cdot \frac{a}{b} \cdot c.$$

Ich verwendete bei meinen Versuchen einen kreisrunden Magnetstab von ca. 1 dm Länge und hängte ihn an einem Bündel von Seidenfäden auf. Darunter war auf einem Karton sowohl die Richtung des magnetischen Meridians als auch die dazu senkrechte Richtung markiert. Vorteilhaft für die Einstellung erscheint es, aufser den genannten zwei Hauptrichtungen auch Parallele im Abstande von je 1 cm zu verzeichnen.

Die dargelegte Methode liefert, falls die benutzte Wage noch Milligram anzugeben vermag, hinsichtlich der Genauigkeit recht befriedigende Resultate und kann wegen ihrer Einfachheit und Anschaulichkeit aufs wärmste zur Erprobung empfohlen werden.

Für die Praxis.

Ketonblau. Von W. Merkelbach in Cassel. Das bei den Versuchen über den Nachweis der gröfsten Dichte des Wassers benutzte Ketonblau (bezogen von den Farbwerken Meister Lucius & Brüning in Höchst a. M. als „Ketonblau 4 B N Lösung“), das als dickliche

Flüssigkeit geliefert wird, kann auch bei anderen physikalischen Versuchen, in denen Wasser leicht sichtbar gemacht werden soll, Verwendung finden, da wenige Tropfen der Flüssigkeit grofse Mengen von Wasser stark blau färben. In Spiritus ist der Stoff viel weniger gut löslich, aber da auch hier sehr geringe Mengen genügen, die Flüssigkeit tief blau zu färben, so kann er z. B. zum Färben der Thermoskopflüssigkeit benutzt werden. Der von Looser hierzu verwendete Indigo hat, wie Looser selbst (*d. Ztschr. IX, S. 274*) hervorhebt, den Mangel, sich mit der Zeit zu verfärben. Der mit Ketonblau versetzte Spiritus hat sich bei mir seit 3 Jahren in seiner Farbe unverändert erhalten.

Ob die Flüssigkeit die richtige Menge an Farbstoff besitzt, prüft man vor dem Eingiefsen in das Thermoskop mit einer Glasröhre von der inneren Weite der Thermoskopröhre. Die Flüssigkeit, in dieselbe aufgesaugt, mufs leuchtend blau erscheinen. Beim Verdunsten der Thermoskopflüssigkeit wird mit reinem Spiritus nachgefüllt. Sollten sich bei längerem Nichtgebrauch des Apparates Ränder am Flüssigkeitsspiegel in der Röhre bilden, so sind diese leicht zu beseitigen, indem man die Flüssigkeitssäule durch Einblasen in den Kautschukschlauch einige Male auf und ab bewegt.

Das Absorptionsspektrum der Flüssigkeit zeigt noch besser als Kobaltglas im roten Teil ein rotes Band. Die passend stark gefärbte Flüssigkeit kann daher, in gläserne Absorptionskästchen oder in Indigoprismen gebracht, dazu dienen, die Kaliflamme neben der Natronflamme nachzuweisen.

Eine Versuchsanordnung zur Demonstration des Mitschwingens. Von Dr. **Leopold Kann** (Bergakademie Leoben). Auf die Pendelstange eines gewöhnlichen Metronoms wird ein dünner Kameelhaarpinsel mit möglichst weichen, langen Haaren gesteckt. Über demselben wird am horizontalen Arm eines Stativs eine gröfsere Bleikugel an 2 Fäden so aufgehängt, dafs sie nur in einer Ebene schwingen kann, und zwar in der Ebene, in der die Metronomstange und mit ihr die Pinselspitze sich bewegt.

Regulieren wir nun das Bleipendel (mittels der Fadenlänge) und das Metronom (mittels des verschiebbaren Gewichtes) so, dafs sie genau die gleiche Schwingungzeit haben, und setzen das Metronom in Bewegung, während das Pendel, das in seiner tiefsten Lage gerade noch von den äufsersten Haarenden des Pinsels gestreift wird, ruht; so wird das Pendel bald durch das Streifen des Pinsels in kleine Schwingungen versetzt, die bald eine beträchtliche Gröfse annehmen durch die Summation der Impulse, da bei gleicher Schwingungszeit die Pinselstöfse immer gerade im rechten Moment erfolgen. Sind hingegen die Schwingungszeiten von Pendel und Metronom auch nur wenig verschieden, so vernichten sich die einzelnen Impulse (ausgenommen den Fall natürlich, wo die eine Schwingungszeit ein ungerades Vielfaches der andern ist), und es kommt zu keiner merklichen Bewegung des Pendels.

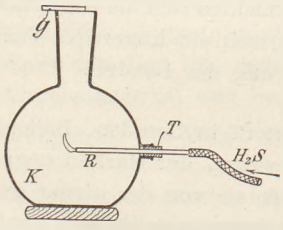
Verwendung von Collodiumstückchen. Von **H. Rebenstorff** in Dresden. Ballons aus Collodium finden in der Elektrizitätslehre längst Anwendung wegen der starken negativen Ladung, die sie beim Reiben mit der Hand annehmen, sodafs sie von der wieder genäherten Hand kräftig angezogen werden. Aus zwei an Fäden befestigten Ballons kann man ein grofses Doppelpendel herstellen. Stücke der so leicht zerreissenden Ballons lassen sich immer noch gut zu einigen Versuchen gebrauchen. Nach dem Elektrisieren mit der Hand kann man sie oft recht hübsch mit einer geriebenen Ebonitstange in der Luft vor sich her treiben oder die auf dem Tische liegenden Stückchen, welche auch in feuchter Luft ihre Ladung recht fest halten, zum Erkennen der Elektrizitätsart benutzen.

Einen gefälligen Eindruck macht folgender Versuch. Einem positiv geladenen Doppelpendel aus Hollundermarkkugeln an Seidenfäden nähert man ein Stück geriebenes Collodiumhäutchen. Schnell begiebt sich dies an die Kugeln, wo es, eine Art Brücke bildend, lange sitzen bleibt und die Kugeln elektrisch erhält, da deren elektrische Ladung gebunden wird. Nähert man einen geriebenen Glasstab, so wird der Verein der drei Körperchen gestört. Das Collodiumstück fliegt an den Glasstab, die beiden Kügelchen werden von diesem zur Seite getrieben.

Auch die Ladung eines gewöhnlichen Elektroskopes kann man mit einem Collodiumstückchen länger festhalten. Man legt ein geriebenes Häutchen auf die Kugel, drückt es ein wenig an den Seiten herab und berührt die Stange ableitend. Das Elektroskop zeigt zunächst natürlich keine Ladung. Zieht man aber sofort oder nach geraumer Zeit das Collodiumstückchen zur Seite, so ist das Elektroskop kräftig positiv geladen.

Zum bequemen Laden des Elektroskopes kann folgende Vorrichtung dienen. In ein Stückchen Glasrohr, das sich leicht über die Elektroskopkugel schieben läfst, z. B. die untere Hälfte eines Reagensglases, drückt man eine Korkscheibe k (s. Figur) von passendem Durchmesser, auf deren Mitte etwas Siegellack aufgeschmolzen ist. Nach dem Einsetzen des durch Reibung festsitzenden Korkes wird der Siegellack mit einer erwärmten Metallstange erweicht und ein Collodiumscheibchen c bis an den Kork hinaufgeschoben. Hierzu legt man das Collodiumstück, welches einen etwa doppelt so grofsen Durchmesser habe wie die Glasröhre, auf die Elektroskopkugel und drückt es mit dieser bis an das erweichte Siegellack. Das Collodiumstück breitet sich hierbei um die Elektroskopkugel herum zur ungefähren Halbkugel aus. Man lasse den kleinen Apparat zunächst in Ruhe; vermutlich verdunstet eine geringe Wassermenge, die beim Anwärmen des Siegellacks aus dem Kork getrieben war. Man gebraucht später die Vorrichtung, indem man sie auf das Elektroskop setzt und mit den Fingern mehrmals schnell hin- und herdreht. Nach dem Abheben ist das Elektroskop stark positiv geladen.

Die gegenseitige Zersetzung von Schwefelwasserstoff und Schwefeldioxyd. Von Dr. **F. Scriba**, Darmstadt. Bekanntlich zersetzen sich die genannten Gase unter Abscheidung von Schwefel nach der Gleichung $2\,H_2S + SO_2 = 3\,S + 2\,H_2O$. Einfacher als es in der üblichen Weise durch gesonderte Darstellung der beiden Gase geschieht, läfst sich diese Einwirkung auf folgende Weise zeigen. Man stellt auf die gewöhnliche Art in einer Wulfschen Flasche Schwefelwasserstoff (aus FeS und H_2SO_4) dar und verbindet mit der Entwicklungsflasche durch einen Gummischlauch eine Glasröhre, an deren 1 bis $1\frac{1}{2}$ mm weiter Öffnung das Gas entzündet wird. Die Flamme soll etwa 3 cm grofs sein. Nun führt man die Röhre R (s. Fig.), auf die ein geeigneter durchbohrter Kork geschoben ist, in einen ungefähr 5 Liter haltenden Kolben K mit seitlicher Tubulatur T bis in die Mitte ein und läfst sie hier etwa 2 Minuten brennen. Ein vorzeitiges Verlöschen der Flamme wird dadurch verhindert, dafs die obere Öffnung durch eine Glasplatte g nur halb verschlossen wird. Ist dann nach völligem Verschliefsen der oberen Öffnung die Flamme verloschen, so läfst man noch etwa 4 Minuten unverbrannten Schwefelwasserstoff nachströmen. Weder während der Zeit, in der das Gas in dem Kolben brennt, noch später, wenn Schwefelwasserstoff in den Kolben einströmt, treten oben Gase aus, weil bei beiden chemischen Vorgängen, die im Kolben stattfinden, sich Volumverminderung aus der Avogadroschen Theorie ergiebt, besonders wenn man die Condensation des gebildeten Wasserdampfes an den Wänden der grofsen Flasche berücksichtigt. Alsdann wird die Glasröhre entfernt und T durch einen Kork verschlossen. Allmählich werden die in der Flasche entstandenen Nebel immer dichter und nach einigen weiteren Minuten ist der Boden mit einer dünnen Schicht von gelbem Schwefel bedeckt. Gieſst man Wasser in die Flasche, so erhält man eine grofse Menge gelblicher Schwefelmilch. Nach dem Versuch ist der Kolben sogleich zu reinigen, weil der Schwefel später sehr fest an den Wänden haftet. Es geschieht am besten mit Wasser, dem man zerkleinertes Filtrierpapier beimischt. Der Versuch bietet besonderes Interesse, weil er Verhältnisse wiederholt, die in vulkanischen Gegenden, in Kratern oder Spalten, eintreten und dort zur Bildung von Schwefelkrusten führen können.



Berichte.

1. *Apparate und Versuche.*

Tönende Flammen. Über diesen Gegenstand hat am 23. April 1901 Dr. H. TH. SIMON einen lichtvollen Vortrag im Elektrotechnischen Verein zu Berlin gehalten *(E. T. Z. 22. 510; 1901)*. Er erinnerte zunächst an die zügellosen Zisch- und Brummgeister, welche die Bogenlampen beleben und den Elektrotechnikern manche böse Stunden bereiten. Anders stehe der Physiker, anders der Elektrotechniker solchen Unholden gegenüber. Dieser suche die Betriebsbedingungen festzustellen, unter denen sie aus der Anlage verschwinden, jener hingegen frage nicht: wann, sondern warum zischt, warum brummt die Lampe? Er sucht die Ursachen, den Mechanismus dieser Geräusche zu ermitteln. Als SIMON 1898 im Erlanger physikalischen Institut mit einer Bogenlampe arbeitete, beobachtete er, dafs jedesmal, wenn man im Nebenzimmer ein Induktorium in Gang setzte, die Bogenlampe ein eigentümlich knarrendes Geräusch hören liefs *(Wied. Ann. 64, 233; 1898)*. Er glaubte zunächst, eine Wirkung elektrischer Schwingungen vor sich zu haben, fand jedoch bald, dafs die Leitung, welche die Lampe speiste, der, welche zum Induktorium führte, auf einer kleinen Strecke im Abstande von 10—15 cm parallel lief. Die Unterbrechungen dieser Leitung riefen in jener Induktionsströme hervor, die sich über den Gleichstrom des Flammenbogens lagerten und

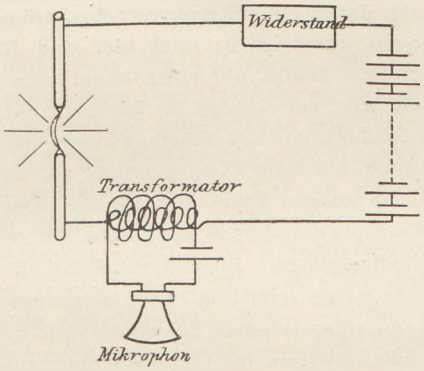


Fig. 1.

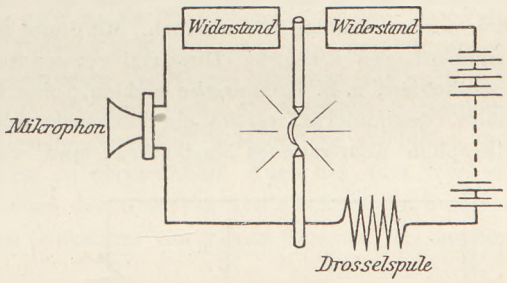


Fig. 2.

das erwähnte Geräusch verursachten. Die Stärke der akustischen Wirkung bei schwachen erzeugenden Stromstöfsen führte Simon auf den Gedanken, Mikrophonströme über den Flammenbogen zu lagern, um Schallwirkungen zu erzielen. Durchfliefst der Bogenlampenstrom die eine Windungshälfte eines Transformators (Fig. 1) und der Mikrophonstrom die andere, dann hört man alles in das Mikrophon Gesprochene mit unveränderter Klangfarbe aus dem Flammenbogen wieder herausschallen. Es kommt darauf an, dafs man recht gute Mikrophone benutzt und sie mit möglichst hohen Stromstärken (bis 0,5 A und mehr) beansprucht. Vorzügliche Dienste leistet das Kohlenkornmikrophon (Tausendkilometermikrophon) von Mix und Genest (vergl. ds. Heft S. 311), ebenso bewährt sich vortrefflich Berliners Transmitter. Ferner ist die Übertragung der Mikrophonströme auf den Lampenstrom zweckmäfsig zu gestalten. SIMON hatte seiner Zeit hierfür eine ausgezeichnet wirkende Transformationsspule berechnet *(Phys. Zeitschr. 2, 253; 1901)*, doch ist diese Übertragungsart inzwischen überholt. E. RUHMER *(Mechaniker, 8, 279; 1900. Phys. Zeitschr. 2, 325; 1901. E. T. Z. 22, 196; 1901)* hat zuerst die in Fig. 2 dargestellte Schaltung angegeben, bei welcher das Mikrophon nebst dem erforderlichen Widerstande einfach parallel dem Flammenbogen in den Lampenstromkreis gelegt ist, also Transformator und Mikrophonbatterie entbehrlich sind. Später hat W. DUDDELL *(Electrician 1900 No. 8 u. 9. Phys. Zeitschr. 2, 425 u. 440; 1901. Nature 63, 182 u. 542; 1900/01)* in einer ausgezeichneten Untersuchung über schnelle Stromschwankungen folgende wichtige Gesichtspunkte für derartige Versuche aufgestellt: 1. eine Capazität sperrt einem Gleichstrom den Weg, läfst aber Wechselströme hindurchgehen, 2. eine Selbstinduktion (mit kleinem

Widerstande) läfst einen Gleichstrom hindurch, sperrt aber mehr oder weniger einem Wechselstrome den Weg. Auf Grund dieser Gesetze kann man die Mikrophonströme ohne Umweg in den Flammenbogen führen. Die Schaltung DUDDELLS ist in Fig. 3 wiedergegeben. Versuche von SIMON und REICH haben jedoch gezeigt, dafs die Verwendung der DUDDELLschen Kunstgriffe schädlich sein kann, wenn man den Flammenbogen aus einer Accumulatorenbatterie speist, dafs man aber ohne sie nicht auskommt, wenn man die Bogenlampe an eine Dynamo anschliefst. Wohl die einfachste und zweckmäfsigste Schaltweise, die SIMON und REICH sowie gleichzeitig und unabhängig davon E. RUHMER angegeben haben, zeigt Fig. 4. Sie zweigen einen Mikrophonkreis von dem Lampenstrome ab, über eine Strecke, deren Widerstand so grofs ist, dafs der Spannungsabfall darauf etwa 4 V beträgt. Gleichzeitig schalten sie eine Selbstinduktion in diesen Zweig ein, damit die Mikrophonwechselströme sich nicht durch ihn, sondern durch den Flammenbogen ausgleichen; auch hier sind die DUDDELLschen Kunstgriffe nützlich. Mit dieser Schaltung führte SIMON, der einen 10 cm langen Flammenbogen erzeugte (DUDDELL verwandte dabei mit grofsem Erfolge in Salz getränkte Dochtkohlen, z. B. Bremersche Kohlen), eine Reihe Versuche aus: Der Flammenbogen pfiff, zählte, deklamierte, spielte ein Pistonsolo und schliefslich ein vom Phonographen auf das Mikrophon übertragenes Musikstück, und war dabei im ganzen Saale deutlich zu hören.

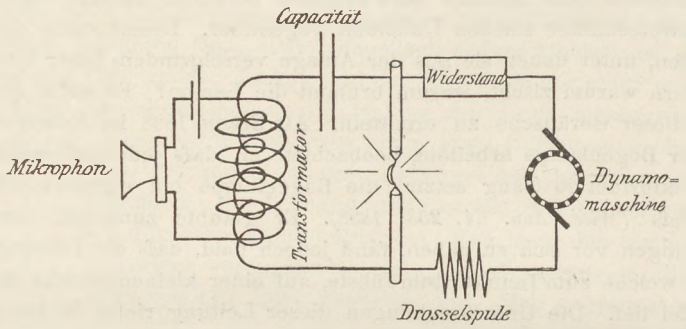


Fig. 3.

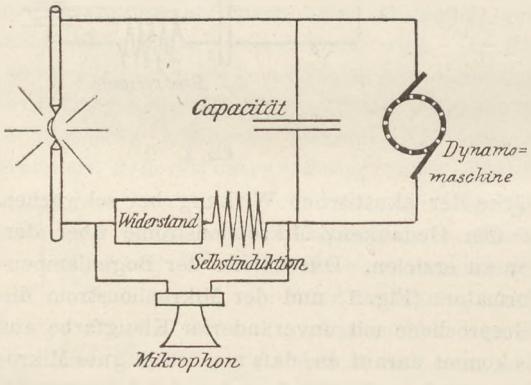


Fig. 4.

SIMON erklärt die akustischen Erscheinungen im Flammenbogen folgendermafsen: Die übergelagerten schnellen Stromänderungen erzeugen entsprechende Schwankungen der Jouleschen Wärme im Flammenbogen und bewirken dadurch entsprechende Schwankungen des Flammenbogenvolumens, die sich als Schallwellen in der umgebenden Luft ausbreiten. Diese Erklärung hat man mehrfach angegriffen (*E. T. Z. 19, 321; 1898. 20, 869; 1899*). SIMON hält sie in ihrer Grundlage für richtig, doch unter Berücksichtigung neuerer Ansichten über die Leitung der Elektrizität in Gasen einer wesentlichen Erweiterung und Vertiefung fähig und bedürftig.

SIMONS Erklärung der sprechenden Bogenlampe legte eine Umkehrung der Erscheinung nahe. Er mufste erwarten, dafs Schallwellen, die er über den Flammenbogen hinlaufen liefs, dessen Volumen änderten, diese Änderungen wiederum Stromschwankungen im Lampenstromkreis bewirkten, die man wieder induktiv auf ein Telephon übertragen könne. Es mufste sich der „sprechende“ Flammenbogen als „lauschender“ Flammenbogen, als Mikrophon benutzen lassen. SIMONS Versuche, die er nach der Schaltung der Fig. 1 angestellt hat, bestätigten diese Folgerung. Fig. 5 stellt die Schaltung DUDDELLS für denselben Zweck dar. SIMON entzündete in dem entfernten Zimmer, in dem vorher das Mikrophon stand, einen Flammenbogen, der in der parabolischen Höhlung eines Chamotteblockes brannte, und liefs den Pistonspieler in einen Schalltrichter blasen, der die Luftwellen in die Höhlung warf. Nach dem Schema der Fig. 6 übertrug der Flammenbogen die entstehenden Stromschwan-

kungen auf das im Saale aufgestellte gute lautsprechende Telephon. Dieser Versuch legte die von J. H. WEST *(E. T. Z. 19, 391; 1898)* zuerst gezogene Folgerung nahe, dafs man bei zwei hintereinander geschalteten Bogenlampen alles, was man in die eine hineinspricht, an der anderen hören mufs. Fig. 7 zeigt, wie man bei zwei unabhängig von einander gespeisten Flammenbogen von Lampe zu Lampe sprechen kann. SIMON ist noch weiter gegangen;

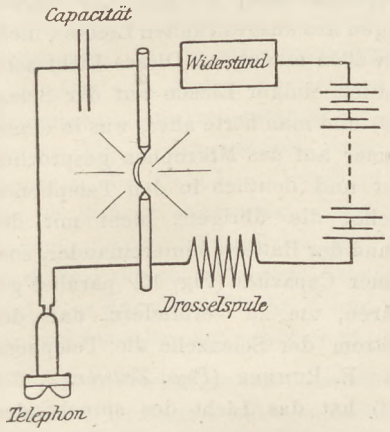


Fig. 5.

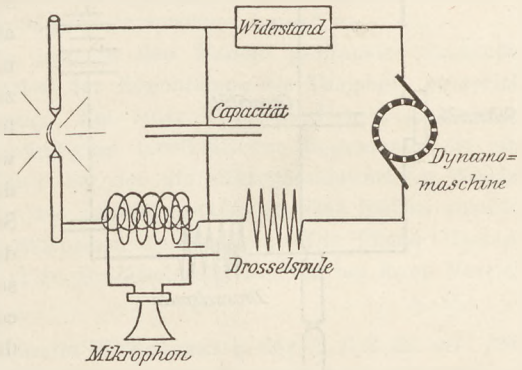


Fig. 6.

durch die in Fig. 8 skizzierte Schaltung gelang es ihm, die Mikrophonströme über den Feldmagnetstrom einer Dynamomaschine zu lagern. Deren E M K schwankt genau den Mikrophonschwingungen entsprechend und sämtliche Bogenlampen des Netzes sprechen das nach, was man in das Mikrophon an der Dynamo hineinsagt. Es besteht also die Möglichkeit sämtliche Bogenlampen einer Centrale zu gleicher Zeit dieselbe Neuigkeit ausplaudern zu lassen und an schönen Sommerabenden Bogenlampenkonzerte zu veranstalten. Auch bei einer Wechselstromanlage gelingt der Versuch, doch ertönt neben den übertragenen Klängen das Summen des Wechselstroms. Dagegen kann man sich bei Drehstrom von diesem Summen frei machen, wenn man Mikrophonströme auf den Feldmagneten einer Drehstrommaschine schickt und mit dieser eine Bogenlampe mit drei Kohlen in Sternschaltung speist. SIMON benutzte ferner den sprechenden Flammenbogen zu einer Telephonie ohne Draht.

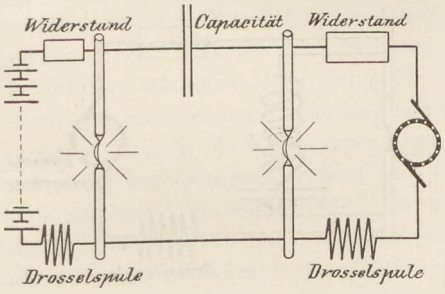


Fig. 7.

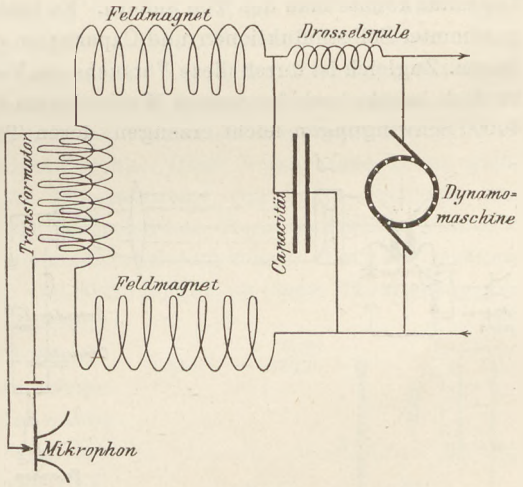


Fig. 8.

Er bediente sich dabei wie früher Bell einer Selenzelle, die von Clausen und v. Bronk zu Berlin hergestellt war. Sie besafs in der Dunkelheit einen Widerstand von 18000 Ohm, der sich in zerstreutem Tageslicht auf etwa 9000 Ohm verminderte. Um von der Empfindlichkeit der Selenzelle einen Begriff zu geben, hatte SIMON in ihren Stromkreis ein polarisiertes Relais von Siemens & Halske gelegt, dessen Hebel den Strom einer Glühlampe öffnete und schlofs. Belichtete er die Selenzelle, so schlug der Relaishebel um und schlofs den Lampenstrom. SIMON konnte

also aus der Ferne durch einen Lichtstrahl, durch das Anzünden eines Streichholzes, jene Glühlampe zum Brennen bringen. Bei der eigentlichen photophonischen Übertragung benutzte er keine lautsprechende Bogenlampe, sondern den stummen, aber lichtsprechenden Flammenbogen der Arons-Lampe *(Verh. d. Phys. Ges. zu Berlin 11, 55; 1893 D. Zeitschr. 10, 37; 1897)*. Über den Flammenbogen zwischen den Quecksilberelektroden im Vakuum lagerte SIMON die Ströme eines Mikrophonkreises, die hier nur Stärkeschwankungen des ausgestrahlten Lichtes, nicht aber Schallwellen erzeugen. Dieses Licht sammelte er mittels einiger Linsen auf der Selenzelle (Fig. 9) und man hörte alles, was in einem fernen Zimmer auf das Mikrophon gesprochen wurde, laut und deutlich in den Telephonen der Selenzelle, die übrigens nicht mit der Selenzelle und der Batterie hintereinander, sondern mit einer Capazität (Fig. 10) parallel geschaltet waren, um zu verhindern, dafs der constante Strom der Selenzelle die Telephone durchfliesst. E. RUHMER *(Phys. Zeitschr. 2, 339 u. 498; 1901)* hat das Licht des sprechenden Flammenbogens auf einem schnellbewegten Film photographiert. Zieht er diesen Film vor einer Selenzelle vorbei, die er durch den Film hindurch belichtet, so hört er in dem angeschlossenen Telephon alles, was der Film aufgeschrieben hat. RUHMER nennt diesen photographischen Phonographen: Photographophon. SIMON führte dann noch einen wichtigen Versuch DUDDELLS vor. Er schaltete (Fig. 11) parallel einem Flammenbogen zwischen Homogenkohlen einen Stromkreis, der bei kleinem Widerstand eine Selbstinduktion L und eine Capazität C enthielt, ein System also, das eine Eigenschwingung von der Schwingungszahl $n = 2\pi\sqrt{L\,C}$ hat. Der Flammenbogen liefs einen ziemlich lauten reinen Ton von der Schwingungszahl n hören. Durch Änderung der Selbstinduktion und der Capazität konnte man den Ton ändern. Es bestehen also keine Schwierigkeiten, mit Hilfe abgestimmter Selbstinduktionen und Capazitäten eine Art elektrischen Flammenbogenklaviers zu bauen. Zugleich ist durch diese Versuche ein Verfahren gewonnen, Gleichstrom gleichsam automatisch in sehr hoch frequenten Wechselstrom zu verwandeln. Man kann schon jetzt 30000 bis 40000 Schwingungen leicht erzeugen, deren Töne kaum noch wahrnehmbar sind. Vielleicht

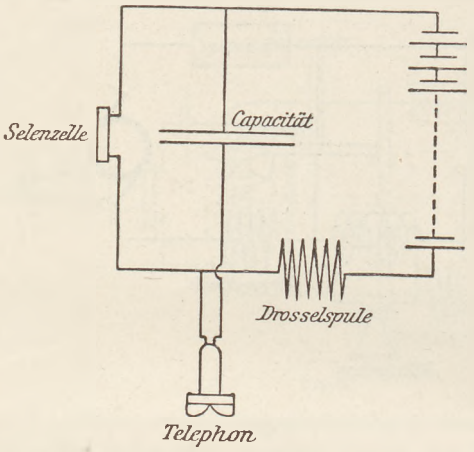


Fig. 10.

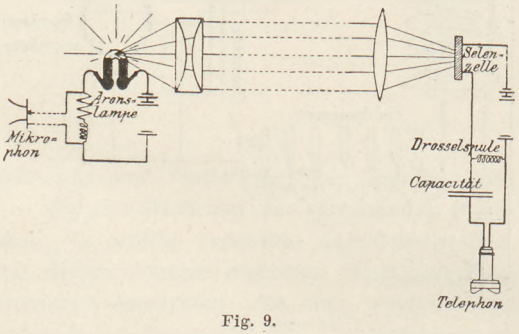


Fig. 9.

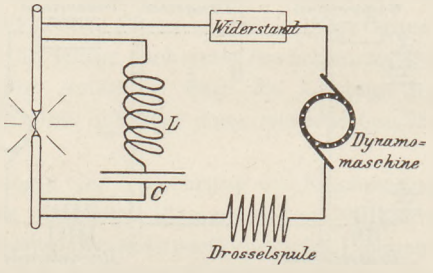


Fig. 11.

gelingt es, noch höhere Schwingungszahlen zu erreichen und in das Gebiet elektrischer Schwingungen zu gelangen, d. h. die für die drahtlose Telegraphie so wichtige Aufgabe zu lösen, dauernd ungedämpfte und rein sinusförmige elektrische Schwingungen zu erzeugen. Der Vortragende wies noch darauf hin, dafs E. RUHMER in sehr wirksamer Weise Glühlampen zum Lichtsprechen gebracht hat, und dafs es diesem auch gelungen ist, die Flamme eines Bunsenbrenners, überhaupt jede Flamme. zum Sprechen zu bringen, indem er die in einem kleinen

Induktorium hochtransformierten Mikrophonströme mittels Platinelektroden durch die Flamme leitete (*Phys. Zeitschr. 2, 325; 1901*). „Vielleicht wird es dahin kommen, dafs man künftig Vorträge behaglich in seinen Schreibsessel gelehnt halten wird, während in den Hörsälen die ordentlichen, ausserordentlichen und Privatlampen ihr Licht ertönen lassen, lauter oder leiser, ... je nach der Stromstärke, die sie sich oder der Herr Cultusminister ihnen leistet. Vielleicht wird man dazu gelangen, in den Kirchen Kanzel und Kanzelredner durch eine Bogenlampe zu ersetzen, sodafs der Prediger, als Kirchenlicht in des Wortes verwegenster Bedeutung, ... in Flammenzungen zu seiner Gemeinde sprechen kann.“ —

Die von Herrn Ferdinand Ernecke jetzt in den Handel gebrachte „singende“ Bogenlampe (Instrumentarium zur Demonstration der Bogenlampe als Telephon) entspricht der in Fig. 1 dargestellten Versuchsanordnung. Bei einer von der Fabrik elektrischer Apparate Dr. Max Levy zu Berlin N. angekündigten musikalischen Bogenlampe ist eine von E. Ruhmer angegebene Schaltung verwandt, bei der die Mikrophonbatterie in Wegfall kommt, was von Vorteil ist, da diese infolge des verhältnismäfsig grofsen Stroms ziemlich stark beansprucht wird und daher leicht zu Störungen Anlafs giebt. Die Firma Clausen und von Bronk zu Berlin N und Müller-Uri zu Braunschweig wenden bei ihren Vorrichtungen das Abzweigverfahren an. *H.-M.*

Neue Wirkungen des Flammenbogens beschreibt W. PEUKERT in der *E. T. Z. 22, 467; 1901.* Es ist ihm gelungen, mit dem Lichtbogen Schallwirkungen ohne Benutzung eines Mikrophons oder Telephons, sondern nur durch die im Lichtbogen selbst entstehenden Stromänderungen zu erzeugen. Er schaltete einen Condensator, dessen Capazität 7,7 Mikrofarad betrug, parallel zu den Kohlenstäben (Fig. 1). Beim Niederdrücken des Tasters trat bei einem $^3/_4$ mm langen Lichtbogen ein sehr starkes Pfeifen in hohem scharfen Tone auf, der solange anhielt, als der Condensatorstromkreis geschlossen war. Innerhalb der engen Grenzen konnte er die Lichtbogenlänge und damit die Tonhöhe ändern; überschritt der Lichtbogen eine gewisse Länge, so hörte das Pfeifen auf. Durch die abwechselnden Ladungen und Entladungen des Condensators treten Wechselströme auf, die sich mit dem Gleichstrom der Bogenlampe zusammensetzen. Die so im Lichtbogen erzeugten Stromschwankungen beeinflussen die glühende Gassäule, sodafs in der umgebenden Luft Schallwirkungen entstehen. PEUKERT berechnet die Frequenz der entstehenden Wechselströme in zwei Fällen auf 8788 und 9223. Diese Beispiele zeigen, dafs man es hier mit Wechselströmen hoher Frequenz zu thun hat und dafs man so sehr starke Ladeströme erhält. Diese Versuchsanordnung giebt also ein einfaches Mittel an die Hand, starke Wechselströme von hoher Frequenz und niedriger Spannung zu erzeugen und die für Wechselströme charakteristischen Versuche auszuführen. Sehr schön läfst sich z. B. die Impedanz-Erscheinung zeigen. PEUKERT schaltete in den Condensatorstromkreis einen 3 mm dicken und 80 cm langen, zu einem Bügel gebogenen Eisendraht (Fig. 2). Den Eisendraht überbrückten Glühlampen, die hell brannten, sobald man den Stromkreis schlofs und der Lichtbogen tönte. Die unterste Lampe hatte 10 V., die anderen geringere Spannung. Der wahre Widerstand des Eisendrahts war 0,013 Ohm. Da an den Enden des Drahtes ein Spannungsunterschied von 10 V. herrschte, so hätte man zu deren Erzielung einen Gleichstrom von 769 A. durch den Draht senden müssen. Dafs die Leitung solcher Wechselströme hauptsächlich an der Oberfläche stattfindet, zeigt man durch Überbrückung des Bügels mit einem dünnen breiten Eisenband, dessen wahrer Widerstand gröfser als der des Bügels ist, das aber eine bedeutend gröfsere Oberfläche als dieser hat. Sofort erlöschen sämtliche Lampen. Auch die Erscheinungen der elektroinduktiven Abstofsung lassen sich mit diesen Wechselströmen sehr schön nachweisen.

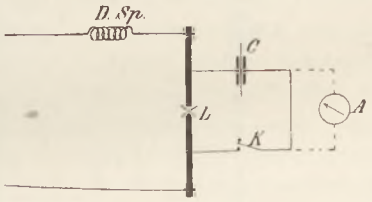


Fig. 1.

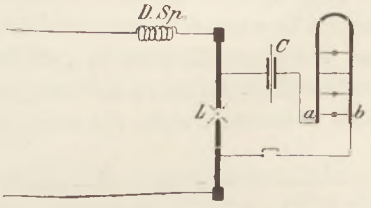


Fig. 2.

PEUKERT schaltete in den Condensatorstromkreis eine aus 2 mm dickem isolierten Kupferdraht hergestellte Spule, mit 6 Windungslagen zu je 14 Windungen, die über einen aus dünnen Eisendrähten bestehenden Kern von 230 mm Länge geschoben ist (Fig. 3). Die Selbstinduktion der Spule ändert die Schwingungszahl des Wechselstromes und die Tonhöhe des pfeifenden Lichtbogens. Schiebt man die Spule längs des Eisenkerns hin und her, so schwankt mit der Selbstinduktion die Tonhöhe. Liegt die Spule auf einer wagerechten Unterlage und steht der Eisenkern lotrecht darin, so wird beim Durchfliefsen des Wechselstromes ein darüber geschobener Aluminiumring abgestofsen und frei schwebend erhalten. Mit einem anderen über den Eisenkern geschobenen Ringe kann man den ersten heben und senken. Der Aluminiumring erhitzt sich sehr stark. Ein über den Eisenkern geschobener Ring aus dünnem Kupferblech wird ebenfalls frei schwebend erhalten, erhitzt sich aber bis zum Glühen. Schiebt man über die Spule einen aus dickem Kupferdraht hergestellten Bügel und schliefst man ihn durch Zusammendrücken, so beginnt bei raschem Schliefsen und Öffnen des Bügels der Flammenbogen zu trillern. Schiebt man über den Eisenkern eine zweite aus dünnem Draht hergestellte Spule, an deren Enden man eine Glühlampe angeschlossen hat, so brennt die Lampe infolge der Induktionswirkung hell.

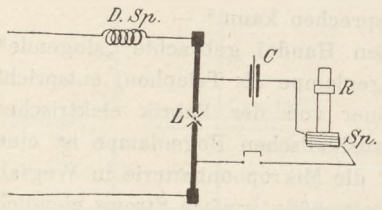


Fig. 3.

Diese und alle anderen Versuche Elihu Thomsons lassen sich so ohne Wechselstrommaschine mittelst einer Bogenlampe und eines Condensators ausführen. Das Pfeifen eines Lichtbogens läfst sich leicht auf einen zweiten Flammenbogen übertragen. PEUKERT hat die in Fig. 4 angegebene Schaltung benutzt. Die beiden Bogenlampen brennen in Parallelschaltung. Schliefst man bei bestimmten Längen der Flammenbogen den Condensatorstromkreis der ersten Lampe, so tönen beide Lampen gleichzeitig. Bei Benutzung von Flammenbogen, die man durch Wechselströme erzeugt, kann man Wechselströme hoher Frequenz aus solchen geringer Frequenz erzeugen. *H.-M.*

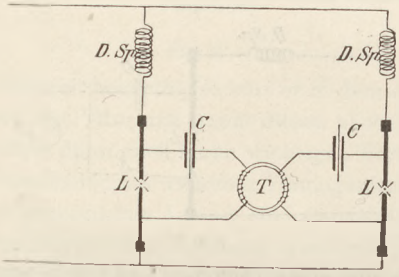
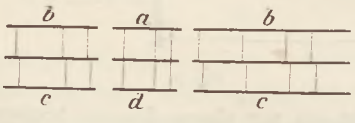


Fig. 4.

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Experimentelle Forschungen über das Dopplersche Prinzip werden seit einiger Zeit auf der Sternwarte in Pulkowa unter BELOPOLSKYS Leitung angestellt. (*The Astrophysical Journal, Jan. 1901.*) Während man sich bisher bei der experimentellen Prüfung des Dopplerschen Prinzips auf die Akustik beschränken mufste, ist es BELOPOLSKY gelungen, durch vielfache Spiegelung an bewegten Spiegeln künstliche Linienverschiebungen im Spektrum hervorzubringen, nachdem Deslandres und Poincaré darauf hingewiesen hatten, dafs auch die Bewegung eines das Licht reflektierenden Körpers eben solche Veränderungen der Wellenlängen hervorrufen kann, wie die Bewegung der Lichtquelle selbst. Belopolsky leitet daher das von einem Heliostaten gelieferte Strahlenbündel auf Spiegel, die nach Art der Schaufeln an Dampfschiffsrädern auf zwei in entgegengesetzter Richtung rotierenden Rädern montiert sind. Jedesmal, wenn für einen Augenblick ein Spiegel des einen Rades einem solchen des anderen parallel ist, kann ein mehrfach an den schnell bewegten Spiegeln hin und her gespiegelter Lichtblitz die geöffnete eine Hälfte des Spalts eines Spektrographen erreichen. Durch Summation der in kurzen Intervallen einander folgenden, momentanen Lichtwirkungen wird nach einer gewissen Zeit die photographische Platte eine entwickelbare Einwirkung erfahren. Nachdem diese Aufnahme (*b*) eines Spektrums (s. Fig.), dessen Breite gleich der halben Spaltlänge ist, beendet ist, werden die die Spiegel tragenden Räder in umgekehrtem Sinne gedreht,



sodafs sich jetzt die Spiegel im Augenblick des Auftreffens des Strahlenbündels mit ebenso grofser Geschwindigkeit von einander entfernen, als sie sich vorher auf einander zu bewegten. Am Spektrographen ist mittlerweile die bisher geöffnete Spaltstrecke abgeblendet und die andere Hälfte geöffnet worden, sodafs sich während des zweiten Theils des Versuchs neben dem zuerst aufgenommenen Spektrum ein neues Spektrum (*c*) auf der Platte abbildet, welches die durch die Bewegung der Spiegel bedingten Linienverschiebungen im umgekehrten Sinne aufweisen mufs. Um nun etwaige, im Verlauf dieser Aufnahmen eingetretene Dispersionsänderungen, welche durch Temperatureinflüsse bedingt sein könnten, zu erkennen, läfst Belopolsky die Platte in der mittleren Region des Spektrums während der Aufnahmen mit bewegten Spiegeln bedeckt, sodafs sich rechts und links von der bedeckten Stelle zwei getrennte Spektralgebiete mit verschobenen Linien abbilden. Vor und nach diesen Aufnahmen werden jedoch die seitlichen Spektralgebiete bedeckt und die mittlere Region bei ruhenden Spiegeln erst mit Benutzung der oberen und am Schlufs durch die untere Spalthälfte für einige Augenblicke exponiert. So entstehen im Gebiete mittlerer Wellenlängen zwei nebeneinander liegende Spektra (*a* und *d*), deren Linien keine Verschiebung gegen einander zeigen dürfen, wenn der Apparat während der Dauer des ganzen Versuchs constant geblieben ist. Rechts und links von diesen Kontrollspektren zeigt dagegen das untere gegen das obere eine Linienverschiebung, welche dem doppelten Betrage der relativen Geschwindigkeit der Spiegel entspricht.

Das von BELOPOLSKY benutzte Spektralgebiet erstreckt sich von $\lambda = 438$ bis $\lambda = 450\,\mu\mu$. Durch die wiederholten Spiegelungen findet naturgemäfs eine sehr erhebliche Schwächung des Lichts statt, sodafs zur Gewinnung mefsbarer Spektra eine lange Expositionszeit erforderlich ist. Sonnenlicht erfordert bei achtmaliger Spiegelung und bewegten Spiegeln eine Exposition von mehr als einer Stunde. Zu einem vollständigen Versuche würden also mehr als zwei Stunden erfordert werden; eine so lange dauernde Versuchszeit erschien aber mit Rücksicht auf den veränderlichen Zustand des sommerlichen Himmels und auch wegen schwankender Temperatureinflüsse nicht als rätlich. Daher entschlofs sich Belopolsky später, nur sechs Spiegelungen zu benutzen, bei denen die Gesamtdauer einer Versuchsreihe auf wenig über eine Stunde reduziert werden konnte. Die Umdrehung der die Spiegel tragenden Räder wurde durch Elektromotoren bewirkt, und es betrug die Tourenzahl bei $7^1/_4$ Amp. 44 pro Sekunde. Belopolsky hat zunächst die Messungsergebnisse von nur 6 vorläufigen, im Hochsommer 1900 ausgeführten Experimenten veröffentlicht. Der Nachweis der Ausführbarkeit experimenteller Untersuchungen auf diesem Gebiete ist dadurch erbracht, wenn auch die Übereinstimmung zwischen der aus der Tourenzahl berechneten und der aus der Linienverschiebung nach dem Dopplerschen Princip bestimmten Geschwindigkeit namentlich bei den ersten Versuchen noch zu wünschen übrig liefs. Im Einzelnen stellt sich der Vergleich folgendermafsen:

	Rel. Geschwindigkeit, bestimmt durch	
	Linienverschiebung	direkte Beobachtung
Juni 27.	0,73 km pro Sek.	0,46—0,55 km pro Sek.
Juli 1.	0,67 - - -	0,50—0,60 - - -
- 6.	1,28 - - -	0,64—0,78 - - -
- 9.	0,67 - - -	0,64—0,78 - -
August 7.	0,67 - - -	0,64—0,78 - - -
- 9.	0,67 - - -	0,64—0,78 - - -

Durch weitere Verbesserungen des Apparates werden gewifs noch exaktere Resultate zu erzielen sein. Zunächst wird beabsichtigt, die Räder in ein Vacuum zu bringen, damit die durch den Luftwiderstand bedingten Störungen beseitigt werden. *F. Kbr.*

Vom Eros ist neuerdings zu melden, dafs dieser Planetoid aufser durch seine abnorme Bahnlage auch durch höchst auffallende, schnell vorübergehende Helligkeitsänderungen das besondere Interesse der Astronomen beansprucht. Während einige Beobachter, wie Deichmüller und Seeliger, ihre Wahrnehmungen durch eine sich in $2^1/_2$ oder vielleicht auch in

5 Stunden vollziehende Rotation des Asteroiden erklären zu können meinen, sind ANDRÉE in Lyon und JOST in Heidelberg der Ansicht, dafs es sich hier um einen Doppelplaneten handelt, dessen Lichtwechsel in ähnlicher Weise wie derjenige des Algol durch gegenseitige Verdeckungen zustande komme. Jost gründet diese Ansicht besonders auf die Angabe Oppolzers, dafs der Planet vier Stunden lang seine Helligkeit nicht geändert habe, was mit einer schnellen Umdrehung bei ungleicher Verteilung der Reflexionsfähigkeit unvereinbar wäre. — Nach dem Bekanntwerden dieser Helligkeitsschwankungen des Eros veröffentlichte MAX WOLF seine bereits wiederholt bei Planetenaufnahmen gemachten Wahrnehmungen einer Veränderlichkeit der vom Planeten auf der Platte hervorgerufenen Spur. Besonders bei Tercidina (345) konnten Wolf und Schwafsmann im Herbst 1899 deutliche Intensitätsschwankungen, die nicht auf Trübungen des genau beobachteten Himmelszustandes zurückführbar waren, feststellen, deren Periode gleich $3^h\ 49^m$ war. Im Anschlufs an diese Mitteilung, die die bei Eros beobachtete Erscheinung weniger auffällig macht, teilt Wolf auch mit aller Reserve mit, dafs Tercidina und mehrere andere Planetoiden auf den Platten keine geraden Striche hinterlassen, sondern eine Art sehr flacher Wellenlinie, eine Erscheinung, die die Heidelberger Astronomen unter sich schon seit Jahren als das „Torkeln“ der Planeten zu bezeichnen pflegen. Sollten sich diese Schwankungen der scheinbaren Bahn als reell erweisen und nicht etwa auf atmosphärische Verhältnisse oder Schichtverzerrungen zurückführbar sein, so müfste natürlich die sonst recht unwahrscheinliche Hypothese der Existenz von Doppelplaneten minimalen gegenseitigen Abstandes ernstlicher in Betracht gezogen werden. *F. Kbr.*

Röntgenstrahlen. Während die Röntgenstrahlen bisher nur mit Hilfe einer evakuierten Röhre erzeugt werden konnten, scheint es A. NODON gelungen zu sein, dieselben unter dem gemeinsamen Einflufs ultravioletter Strahlen und eines elektrischen Feldes hervorzubringen (*C. R. CXXXII, 770; 1901*). Ein dünnes Aluminiumblatt schlofs die centrale Öffnung einer Scheibe von schwarzem Papier. Eine Metallplatte von kleinerem Durchmesser als die Scheibe stand dieser in 10 bis 30 cm Entfernung parallel gegenüber und bildete mit dem Aluminiumblatt einen Condensator. Wurde nun der Condensator geladen und die äufsere Oberfläche des Aluminiumblattes mit ultravioletten Strahlen beleuchtet, so beobachtete man die Entstehung von X-Strahlen auf der inneren Fläche des Blattes. Die ultravioletten Strahlen konnten auf verschiedenem Wege erzeugt werden: durch Funken- oder Glimmentladung, durch den gewöhnlichen Flammenbogen oder durch den Flammenbogen, der zwischen Graphitstiften entsteht, die mit einer „Aluminiumseele“ versehen sind. Die elektrische Ladung des Feldes geschah vermittelst einer kleinen Elektrisiermaschine. Alle Apparate befanden sich im Dunkeln.

Die Enstehung der X-Strahlen bei diesem Versuch ist an der äufseren Fläche der Aluminiumplatte anzunehmen. Die Strahlen haben dann also noch das Aluminium zu durchdringen und werden dadurch erheblich geschwächt. Um diese Schwächung zu verhindern, liefs NODON bei einer anderen Versuchsanordnung die ultravioletten Strahlen unter 45^0 auf eine isolierte Aluminiumplatte fallen, der ein mit der Erde verbundener Leiter in 30 cm Entfernung gegenüberstand. Bei der Ladung des so erhaltenen Condensators und ultravioletter Bestrahlung der inneren Fläche der Aluminiumplatte gingen von dieser X-Strahlen aus, die viel wirksamer waren als bei dem vorigen Versuch. Die X-Strahlen pflanzen sich in derselben Richtung fort wie die Kraftlinien des Feldes, werden nach anderen Richtungen hin überhaupt nicht ausgesandt. Sie besitzen eine erheblich gröfsere Wirksamkeit, wenn die Richtung der Kraftlinien mit der Fortpflanzungsrichtung der ultravioletten Strahlen übereinstimmt, d. h. wenn die belichtete Platte negativ geladen ist. Die Wirksamkeit der so erhaltenen X-Strahlen ist abhängig von der Feldstärke, von der Intensität und der Wellenlänge der ultravioletten Bestrahlung und endlich von der Natur der emittierenden Oberfläche. Die allgemeinen Eigenschaften der direkt in der Luft erzeugten X-Strahlen sind identisch mit den Eigenschaften der in Crookesschen Röhren erzeugten Strahlen. Vielleicht lassen sich die aktinoelektrischen Erscheinungen durch das Auftreten solcher in Luft erzeugten X-Strahlen erklären.

Geben uns die Nodonschen Versuche eine neue Erzeugungsart der Röntgenstrahlen, so zeigen Untersuchungen, welche SEMENOV mit der einfachen Vakuumröhre anstellte, dafs auch bei dieser die Bedingungen, unter denen die Strahlen entstehen, bisher noch nicht alle bekannt waren (*C. R. CXXXIII, 217; 1901*). Er fand nämlich, dafs die Antikathode einer Bianodenröhre auf beiden Seiten Strahlen aussandte, an der Vorderseite freilich viel stärkere als an der Hinterseite. Ferner sendet die Antikathode nur dann Strahlen aus, wenn sie eine elektrische Ladung besitzt; verbindet man sie metallisch mit dem Boden, so erzeugt sie fast gar keine Strahlen. Die von der Kathode selbst ausgehenden Strahlen sind viel schwächer als die von der Rückseite der Antikathode ausgehenden und sind in dieser Hinsicht den von den Wänden der Röhre ausgehenden Strahlen vergleichbar. Weiterhin erzeugte SEMENOV auch Strahlen, wenn er die drei Elektroden seiner Röhre unter sich und dann allein mit dem einen Pol einer Fokusröhre verband, die in den sekundären Kreis eines Induktoriums eingeschaltet war. Die so unipolar erzeugten X-Strahlen waren allerdings nur schwach, hatten aber ganz dieselben Eigenschaften wie die Strahlen einer bipolaren Röhre. Sie entstanden auch im Torricellischen Vakuum, wenn man an Stelle der ersten Röhre ein Barometerrohr nahm, dessen Quecksilber mit dem einen Pol der genannten Fokusröhre in Verbindung stand. Die Anwesenheit dieser Fokusröhre im Sekundärkreis des Induktoriums war die Bedingung für das Gelingen der Versuche mit unipolaren Strahlen. Die Röhre spielt dabei die Rolle eines Hertzschen Erregers von sehr hoher Wechselzahl, deren Schwingungen sich nach des Verf. Ansicht in Form von Strahlen in den Äther hinein fortpflanzen.

Die unter dem Einfluſs der X-Strahlen erfolgende Entladung elektrisierter Körper wurde bisher allgemein auf Ionisation der von den Strahlen durchsetzten Gase zurückgeführt. SEMENOV glaubte hierin nicht die einzige Ursache der Entladung sehen zu können und construierte einen Apparat, in dem der der Wirkung der X-Strahlen unterworfene Leiter dem Einfluſs des ionisierten Gases entzogen war (*C. R. CXXXII, 1320; 1901*). Ein Elektroskop befand sich in einem Bleikasten mit dicken Wänden; durch eine Öffnung im Deckel ging ein Glasröhrchen hindurch, das auf beiden Seiten fest verschlossen und mit gereinigtem Quecksilber gefüllt war. Ein Platindraht verband das Quecksilber unten mit den Goldblättchen des Elektroskops; das Röhrchen war bedeckt mit einem Kupfercylinder, in dem sich ein Aluminiumfenster befand. Hier war also die von den Strahlen durchsetzte Luft nirgends mit Metallteilen des Elektroskops in Berührung. Trotzdem zeigte sich, dafs das vorher geladene Elektroskop unter dem Einfluſs der X-Strahlen bis zu einer gewissen Grenze seine Ladung vorlor. Waren die Goldblättchen dagegen vor dem Versuch in Ruhe, so entfernten sie sich unter dem Einfluſs der X-Strahlen von einander. Es geht daraus hervor: 1. dafs die Ionisation der Luft nicht die einzige Ursache der Entladung sein kann, 2. dafs das Glas unter dem Einfluſs der X-Strahlen polarisiert wird.

Die zweite Thatsache ergab sich noch durch einen anderen Versuch. Durch ein Aluminiumfenster fielen die Strahlen auf eine in einen Bleikasten eingeschlossene Glas- oder Ebonitplatte. Nach 5 Minuten dauernder Bestrahlung war die Platte polarisiert, und zwar positiv auf der der Strahlenquelle zugewandten Seite. Wurde der Versuch mehrmals wiederholt, so nahm die Fähigkeit der Platte, unter dem Einfluſs der Strahlen polarisiert zu werden, ab und ging sogar für eine Zeitlang ganz verloren.

Beide Erscheinungen lassen sich erklären durch die unter dem Einfluſs der X-Strahlen entstehenden sekundären Strahlen, wenn man annimmt, dafs diese ebenfalls negative Elektrizität mit sich fortführen. So kann ein negativ geladener Körper auch ohne ionisierte Luft durch diese sekundäre Strahlung seine Ladung verlieren. Was die positive Ladung angeht, so kann man annehmen, dafs sie durch die negative Elektrizität der X-Strahlen neutralisiert wird. Ebenso empfängt bei dem zweiten Versuche die Platte von den X-Strahlen eine negative Ladung, die sie durch Anziehen der positiven und Abstoſsen der negativen Elektrizität polarisiert; die Ladung selbst zerstreut sich unter der Form sekundärer Strahlen.

Über den Einfluſs der chemischen und physikalischen Eigenschaften der Körper auf ihre Durchlässigkeit für Röntgenstrahlen geben einige neuere Ar-

beiten weitere Aufschlüsse. Um verschiedene Metallsalze in Bezug auf ihre spezifische Absorption für die X-Strahlen mit einander zu vergleichen, construierten A. HÉBERT und G. REYNAUD einen Apparat analog dem Duboscqschen Calorimeter, in dem die Wannen von zwei mit Guttapercha bedeckten Pappscheiben begrenzt waren, durch welche die Strahlen einer Crookesschen Röhre direkt eindringen konnten (*Bull. de la Soc. Chimique XXI 392 u. 394; 1899. C. R. CXXXII, 408; 1901*). Eine grofse Zahl von Salzlösungen wurde mit diesem Instrument mit der gleichen Wassermenge verglichen; die Differenz der beiden Ablesungen entsprach der Absorption durch den gelösten Körper. Es ergab sich, dafs im allgemeinen die Absorption der X-Strahlen durch die Nitrate und Chlorüre um so stärker ist, je höher das Atomgewicht des Metalles ist. Die Bromüre, Jodüre und Sulfate liefsen solche Schlufsfolgerungen nicht zu, da der Einflufs der Radikale mit hohem Molekulargewicht hier sehr grofs ist. Dagegen wuchs bei den anderen Säuren, soweit von ihnen lösliche Salze existieren, die Absorption auch mit dem Atomgewicht des Metalls. Die Curve, welche die spezifische Absorption als Funktion des Atomgewichts darstellt, nähert sich merklich einer Hyperbel. Vergleicht man die spezifische Absorption der mit demselben Metall zusammengesetzten Säuren, so bemerkt man, dafs sie annähernd mit dem Molekulargewicht der Säuren zunimmt.

In noch umfassenderer Weise untersuchte L. BENOIST die Durchlässigkeit der Körper für X-Strahlen (*C. R. CXXXII, 324 u. 545; 1901*). Er benutzte die radioskopische Methode, der er eine Anordnung gab, die Körper jeder Art und Dicke leicht untersuchen liefs und auch die störende Nebenwirkung der sekundären S-Strahlen ausschlofs. BENOIST nennt Äquivalent der Undurchlässigkeit eines Körpers die in Dezigrammen ausgedrückte Masse eines Prismas von 1 qcm Basis, das auf X-Strahlen von bestimmter Eigenschaft, die parallel seiner Achse hindurchgehen, eine bestimmte Absorption ausübt; als Norm für diese nahm der Verf. die Absorption eines Paraffinprismas von 75 mm Höhe. Aus diesem Äquivalent läfst sich die spezifische mittlere Undurchlässigkeit der Körper berechnen. Es wurden in dieser Weise ungefähr 120 einfache und zusammengesetzte Körper untersucht. Die wichtigsten Ergebnisse sind folgende: 1. Die spezifische Undurchlässigkeit eines Körpers scheint unabhängig von seinem physikalischen Zustande zu sein; sie ist z. B. dieselbe für Wasser und Eis, sie ist unabhängig von der Temperatur u. s. w. 2. Die spezifische Undurchlässigkeit scheint unabhängig zu sein von der Atomgruppierung, d. h. von krystallinischer Form, von allotropen Zuständen u. s. w.; sie ist z. B. die gleiche für wasserfreie Thonerde und für Korund, für die verschiedenen Formen des Kohlenstoffs, für gelben und roten Phosphor, endlich für isomere Körper. 3. Die spezifische Undurchlässigkeit scheint unabhängig zu sein von dem Zustande der Freiheit oder Gebundenheit der Atome und das „Äquivalent der Undurchlässigkeit“ E einer Mischung oder Verbindung läfst sich aus den „Äquivalenten“ ihrer Elemente berechnen. Hierbei mufs allerdings die Differenz in der selektiven Absorption der Elemente berücksichtigt werden, die der Färbung der für Licht durchsichtigen Körper entspricht und vom Verf. Radiochroismus genannt wird. Auch die umgekehrte Rechnung läfst sich ausführen. So berechnet BENOIST z. B. aus den bei Sauerstoff und Silicium gemessenen Werten für E den Wert für Quarz zu 24 (gemessen = 24,1); aus den bei Lithiumoxyd und Sauerstoff gemessenen Werten die Gröfse E bei Lithium zu 113,8 (gemessen = 115). Die spezifische Undurchlässigkeit für Röntgenstrahlen giebt hiernach eine neue additive Eigenschaft der Körper, wie die Masse, das Atomgewicht, die spezifische Wärme u. s. w. Auch BENOIST fand 4., dafs die Beziehung zwischen den Äquivalenten der Undurchlässigkeit und den Atomgewichten sich durch eine annähernd hyperbolische Curve darstellen läfst. Allerdings bringen eine Variation der Strahlen, Änderung der Dicke des Vergleichsprismas, Zwischenstellen von mehr oder weniger radiochroischen Schirmen von verschiedener Dicke auch eine Änderung der Äquivalente hervor. So entfernen sich die Curven bei weichen und wenig durchdringenden X-Strahlen von der gleichseitigen Hyperbel, während sie sich dieser nähern oder sie einschliefsen, wenn die Strahlen härter und durchdringender werden und die Schirme dicker und mehr radiochroisch sind.

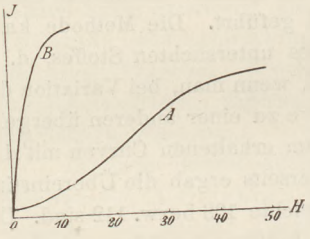
Die im vorstehenden skizzierten Gesetze der Durchlässigkeit der Materie für X-Strahlen führten den Verf. weiterhin zu einer Methode, um Atomgewichte zu bestimmen oder richtig zu stellen (a. a. O., *S. 772*). Die Methode ist allgemeiner und in gewisser Hinsicht genauer als die aus dem Dulong-Petitschen Gesetze abgeleitete Methode, da das „Äquivalent der Undurchlässigkeit" eine fest mit dem Atomgewicht verknüpfte Constante ist, während die spezifische Wärme auch noch von anderen Faktoren abhängt. Der durch einen einfachen Versuch ermittelte Wert jener Constante weist dem betreffenden Stoffe einen bestimmten Platz an in der Curve gleicher Durchlässigkeit, die den gewählten Bedingungen entspricht, und darum auch einen bestimmten Wert des Atomgewichts. Der Verf. wandte die Methode auf das Indium an, für dessen Atomgewicht die beiden Werte 75,6 oder 113,4 möglich sind. Die Constante E ergab sich zu 1,05 dgr, was nur mit dem zweiten Wert des Atomgewichtes vereinbar ist, da für die Zahl 75,6 $E = 1{,}7$ dgr sein müfste. Chemische Untersuchungen haben übrigens auch zu dem Atomgewicht 113,4 geführt. Die Methode kann controlliert werden durch die Kenntnis des Radiochroismus des untersuchten Stoffes, d. h. durch die Richtung und Gröfse der Änderungen der Constante E, wenn man, bei Variation der Beschaffenheit der hindurchgesandten X-Strahlen, von einer Curve zu einer anderen übergeht. Ein Vergleich der durch Strahlen verschiedener Härte bei Indium erhaltenen Curven mit den entsprechenden bei Arsen einerseits, Cadmium und Silber andererseits ergab die Übereinstimmung mit den Curven des Silbers und Cadmiums, deren Atomgewichte 108 bezw. 112 sind. Dadurch wird ebenfalls der gröfsere Wert des Atomgewichtes des Indiums bestätigt. *Schk.*

Eigenschaften des Magnetfeldes. Scheidet man aus einer Lösung eines Eisensalzes auf elektrolytischem Wege Eisen aus, so wird dieser Niederschlag, wenn er in einem Magnetfelde erfolgt, magnetisch werden. Die Eigenschaften solcher magnetischen Niederschläge wurden von CH. MAURAIN näher untersucht *(C. R. CXXXI 410 u. 880; 1900)*. Er benutzte zuerst eine Lösung von Eisensulfat und Chlorammonium, dann eine solche von Eisensulfat in Natriumpyrophosphat; besonders die letztere gab ausgezeichnete Niederschläge. Die Kathoden waren Messingstäbe und befanden sich in der Achse der magnetisierenden Spule, sodafs ihr unteres Ende in derselben Ebene lag wie das Zentrum des Spiegels des zur Beobachtung dienenden Magnetometers. Die Anode war eine Spirale aus Platindraht. Während der Bildung eines Niederschlages in konstantem Felde und bei konstantem Strom der Elektrolyse wächst die Wirkung des Niederschlags auf das Magnetometer als lineare Funktion der Zeit. Daraus folgt, dafs die Stärke der Magnetisierung verschiedener Schichten des Niederschlags denselben Wert hat. Änderte man die Feldstärke, so zeigte sich, dafs die gleichförmige Magnetisierung, die ein Niederschlag erreicht, mit der Feldstärke zunimmt. Läfst man, nachdem der Niederschlag in einem konstanten Felde erzeugt wurde, das Feld allmählig bis Null abnehmen, so ändert sich die Wirkung auf das Magnetometer nur sehr wenig. Die einmal erhaltene Magnetisierung bleibt also auch nach Verschwinden des Feldes nahezu bestehen; sie ist sehr beständig, auch wenig empfindlich gegen Stöfse. Erst wenn das Feld einen sehr hohen negativen Wert $-H$, der gröfser sein mufs, als der maximale positive, erhalten hat, nimmt die Magnetisierung des Niederschlags plötzlich sehr rasch ab und erreicht ebenfalls einen negativen Wert, der absolut genommen gröfser ist als der vorige positive. Läfst man das Feld jetzt von $-H$ bis $+H$ wachsen, so findet zuerst wieder eine sehr langsame Variation der Magnetisierung, dann, bei einem Wert nahe $+H$, plötzlich eine sehr rasche Vermehrung statt, u. s. f. Die Koerzitivkraft des Feldes ist also enorm, was mit der Beständigkeit der Magnetisierung übereinstimmt. Die Umkehrung derselben erfolgt plötzlich, hin und zurück, in einer sehr kleinen Region des Feldes. Variirt man das Feld zwischen $+H$ und $-H$, ohne aber diese Werte zu erreichen, so erhält die Magnetisierung des Niederschlags nur eine geringe positive Schwankung.

MAURAIN verglich weiterhin die Magnetisierung eines in einem vorhandenen Magnetfelde H erzeugten Eisenniederschlags mit der Magnetisierung des im Felde Null erzeugten Niederschlags, wenn dieser in ein allmählig bis zu derselben Stärke H anwachsendes Feld gebracht wurde. Die beiden Kurven A und B (s. Fig.) geben die so erhaltenen Magnetisationen I

als Funktion der Feldstärken H in Gauſs. Kurve A zeigt den zweiten Fall der gewöhnlichen Magnetisierung: man erkennt, daſs I schon anfangs gröſser als Null ist, was auf die Rechnung des Erdfeldes zu setzen ist. Kurve B ist aus zehn gleichartigen Niederschlägen in konstanten Feldern von verschiedener Stärke erhalten. Sie giebt für jedes Feld die gröſstmögliche Magnetisation an; der Unterschied zwischen B und A drückt den Einfluſs der molekularen und magnetischen Verbindungen aus, die sich der Aktion des Feldes entgegenstellen.

Bildet man ein Element aus zwei Eisenelektroden in angesäuertem Wasser, so wird, wenn die eine Elektrode magnetisiert ist, diese positiv elektrisch gegenüber der nicht magnetisierten Elektrode. Wie Hurmuzescu zeigte, hat — bis zu 7000 C.G.S.-Einheiten — die Kurve, welche die Abhängigkeit der so entstehenden elektromotorischen Kraft von dem Magnetfelde darstellt, eine Form, die ähnlich ist der Magnetisierungskurve des Eisens.



R. Paillot hat diese Versuche auf sehr intensive Felder ausgedehnt (*C. R. CXXXI, 1194; 1900*). Er benutzte als Elektromagneten einen du Boisschen Halbring, der ein Feld von fast 30000 Einheiten erzeugt. Als Elektroden dienten sorgfältig ausgeglühte Eisendrähte von 5 cm Durchmesser; sie befanden sich in den senkrechten Ästen eines ⊔ förmig gebogenen Rohrs, das mit einer sehr verdünnten Lösung Essig- oder Oxalsäure gefüllt war. Der eine nach oben enger werdende Zweig des Rohres wurde in das Magnetfeld gebracht, so daſs die Berührungsfläche zwischen Elektrode und Flüssigkeit parallel den Kraftlinien lag; der horizontale Teil des Rohres war 30 cm lang, sodaſs die andere Elektrode sich in einem zu vernachlässigenden Felde befand. Die elektromotorischen Kräfte bestimmte der Verf. mit Hilfe eines Lippmannschen Kapillarelektrometers, das bis auf Zehntausendstel Volt empfindlich war; die magnetischen Felder wurden mit dem ballistischen Galvanometer gemessen. Für Felder von 800 bis 25000 Einheiten stieg die E. M. K. von 0,0022 bis 0,033 Volt, hielt sich dann aber für noch gröſsere Felder auf dem letzteren Grenzwert. Die Gröſse dieses Grenzwerts hängt ab von der Beschaffenheit des Eisens und der Säure.

In Übereinstimmung mit dem positiven Verhalten magnetisirten Eisens steht die Beobachtung, daſs dasselbe durch Säuren weniger stark angegriffen wird als unmagnetisches, und daſs in dem am Eingang erwähnten Element der unmagnetische Körper zum magnetischen übergeführt wird. Auf einer magnetischen Elektrode schlägt sich ferner ein magnetisierter Körper auf den stärker magnetischen Teilen in grösserer Menge nieder als auf den weniger magnetischen. Die diamagnetischen Substanzen zeigen das umgekehrte Verhalten. Versuche früherer Forscher hatten über diese Punkte zu einander widersprechenden Ergebnissen geführt; eine sehr sorgfältige Wiederholung der Versuche durch Hurmuzescu ergab indes die Richtigkeit jener Sätze (Bericht von St. Meyer i. d. *Physikal. Ztschr. 2, 353; 1901*). Die aus der Theorie sich ergebende Folgerung, daſs die E. M. K. unabhängig von der Feldrichtung ist, wurde durch den Versuch bestätigt. Der Verf. ist der Meinung, daſs die bisher allgemein angenommene Hypothese der bloſsen Orientierung der Moleküle zur Erklärung der magnetischen Erscheinungen nicht ausreicht. Wäre sie richtig, so dürften homogene isotrope Körper im Felde keine Volumänderungen erfahren, während Versuche des Verf. Kontraktionen magnetischer Lösungen (von Eisensalzen) zu beweisen schienen.

Daſs der Elastizitätsmodul von Drähten und Stäben durch Magnetisierung vergröſsert wird, wurde bereits in dieser Ztschr. (*XIII, 174*) erwähnt. Bei jenen Versuchen war die Elastizitätsänderung bei Biegung untersucht worden; Stevens fand für Torsion und Dehnung das gleiche Ergebnis (*Phys. Ztschr. 1, 593; 2,233*). Um das letztere zu zeigen hatte der Verf. einen Eisendraht durch Gewichte straff ausgespannt; eine Veränderung der Länge wurde durch mehrere Hebel auf das 1000fache vergröſsert. Das Ende des letzten Hebels wurde durch Mikrometer-Mikroskop beobachtet. In allen Fällen bewirkte die durch einen Strom hervorgerufene Magnetisierung eine Verkürzung des Drahtes, die der Stromstärke ungefähr proportional war. *Schk.*

3. Geschichte.

William George Armstrong wurde 1810 zu Newcastle-upon-Tyne geboren und in einer Schule zu Bishop Auckland erzogen. Er wandte sich zunächst dem Rechtsanwaltsberufe zu und wurde Teilhaber einer Solicitor-Firma. Sein Hang zu naturwissenschaftlichen Untersuchungen liefs ihn aber die Mechanik eifriger als die Jurisprudenz studieren und führte ihn schliefslich auf einen anderen Lebensweg. Frühzeitig begann er elektrische Erscheinungen zu untersuchen und erfand die hydroelektrische Maschine, die jedem Sekundaner bekannt ist. Die Arbeiter einer Kohlengrube bei Newcastle hatten beobachtet, dafs man beim Abblasen eines Hochdruckkessels einen heftigen Schlag erhält, sobald man das Sicherheitsventil berührt, und dafs dabei Funken überspringen. Die Untersuchung dieser Erscheinungen zeigte Armstrong, dafs ein trockenes Fundament den Kessel isolierte und dafs die Reibung der Wasserteilchen an den Wänden der Mündung, durch die sie ausströmten, die Elektrisierung bewirkte. Auf diese Entdeckung gründete er den Bau seiner hydroelektrischen Maschine, die damals das wirksamste Mittel zur Erzeugung von Reibungselektrizität bildete. Für diese Leistung wurde er 1846 Fellow of the Royal Society.

Eine andere elektrische Untersuchung betraf die elektrische Bewegung in Luft und Wasser und ist in einer 1897 erschienenen Arbeit niedergelegt. In diesem Werke bildet ein überraschender Versuch, den er ein halbes Jahrhundert früher mit der hydroelektrischen Maschine ausgeführt hatte, den Ausgangspunkt zu einer wertvollen Untersuchung über das Wesen elektrischer Entladungen. Er stellte zwei Gläser mit destilliertem Wasser neben einander und legte in das eine einen zusammengerollten Baumwollfaden, dessen freies Ende er in das andere Glas tauchte. Lud er das erste Glas negativ und das andere positiv, so kroch der Faden aus einem Glas in das andere, während ein Wasserstrom in entgegengesetzter Richtung flofs. Dies und andere Beweise liefsen Lord Armstrong schliefsen, dafs ein elektrischer Strom aus einem negativen Strome besteht, der in einer Richtung fliefst, und einem positiven Strommantel, der in entgegengesetzter Richtung fliefst. Diese Theorie bietet mancherlei Schwierigkeiten, die bis jetzt noch nicht überwunden sind, doch enthält das Werk höchst beachtenswerte Photographieen elektrischer Entladungen. Die Welt verdankt Lord Armstrong vor allem die Vervollkommnung der hydraulischen Maschinen. Er erfand zuerst den hydraulischen Krahn und zwischen 1845 und 1850 den hydraulischen Akkumulator. Zur Herstellung dieser Maschinen wurden die Elswick Engine Works gegründet und dort wurde 1854 das erste gezogene Geschütz, das Armstrongs Namen trägt, konstruiert. Dies führte zu seiner Berufung in den Staatsdienst, den er 1863 wieder verliefs, um an die Spitze der Elswick Manufacturing Company zu treten. In diesem Jahr präsidierte er auch der Versammlung der British Association zu Newcastle und lenkte dort die Aufmerksamkeit auf die zunehmende Erschöpfung der Kohlenfelder. Im Jahre 1881 wies er in der Versammlung dieser Gesellschaft zu York auf die Verschwendung der Naturkräfte durch die Dampfmaschine hin. Auf die vielen Ehren, die diesem bedeutenden Physiker und grofsen Industriellen zu teil wurden, auf seine grofsartigen gemeinnützigen Stiftungen zu Newcastle kann hier nicht eingegangen werden. Er starb, 90 Jahre alt, am 25. Dezember 1900. (*Nature 63, 236; 1901.*) *H.-M.*

---

4. Unterricht und Methode.

Grundfragen des physikalischen Unterrichts. Von F. POSKE. Aus dem zu Pfingsten d. J. in Gielsen gehaltenen Vortrage (vgl. ds. Heft S. 317) seien hier nur die Hauptpunkte herausgehoben. Als erste und oberste Frage wird die folgende behandelt: Wie bringen wir den eigentlichen Bildungsgehalt des physikalischen Unterrichts zu möglichst vollkommener Wirkung? Und die Antwort lautet in Übereinstimmung mit E. Mach und A. Höfler: Der Unterricht ist so einzurichten, dafs der Werdegang des naturwissenschaftlichen Erkennens auch im Geiste des Schülers sich vollzieht; der Lehrstoff darf nicht dogmatisch übermittelt werden, sondern er mufs in fortgesetzter Denkarbeit an der Hand der Thatsachen erarbeitet werden. Es werden dann zwei Gefahren besprochen, die einem

Vorgehen in diesem Sinne im Wege stehen. Die eine ist die zur deduktiven Darstellung neigende Jahrhunderte alte Tradition der Lehrbücher, die andere liegt in einer übertriebenen Wertschätzung des Experiments, in der Häufung von Thatsachen nach Bacoschem Rezept, bei der man bestenfalls zu einer klassifizierenden Übersicht, aber nicht zu einer in den Zusammenhang der Dinge eindringenden Erkenntnis kommt. Dem Gange des physikalischen Denkens entspricht es vielmehr, wenn der Unterricht den Problemen nachgeht, die sich schon bei den einfachsten Naturerscheinungen aufdrängen und deren jedes, sobald es gelöst ist, ein oder mehrere neue nach sich zieht.

Als Beispiele dafür, wie weit ein so gearteter Lehrgang von der üblichen Darstellungsart der Lehrbücher abweicht, werden zwei Capitel, die Aërostatik und die Lehre vom Gleichgewicht am Hebel, näher besprochen. Der Inhalt der hierauf bezüglichen Darlegungen soll späterhin, ausführlicher bearbeitet, in dieser Zeitschrift erscheinen.

Im Zusammenhange mit dem Bisherigen wird dann die Lehrbuchfrage erörtert. Nach der Ansicht des Verfassers würde am meisten zweckentsprechend ein Lehrbuch sein, das den Stoff in übersichtlicher Anordnung darböte und den methodischen Gang weder allzu genau vorschriebe, noch auch ihm allzugrofse Schwierigkeiten in den Weg legte. Das Lehrbuch, welcher Art es auch sei, sollte im Unterricht selbst möglichst wenig benutzt werden. „Keine Lehrbuchsphysik, sondern lebendige Physik muss die Losung sein. Die Lehrbuchsphysik führt zu Dogmatismus, d. h. zu dem geraden Gegenteil dessen, worin der Bildungswert der Physik besteht. In fast allen andern Fächern lernt man aus dem Lehrbuch, hier sollen die Schüler aus den Erscheinungen selber und aus der von Lehrer und Schülern gemeinsam vorgenommenen Bearbeitung dieser Erscheinungen lernen. Dennoch können wir das Lehrbuch, wenigstens auf der Oberstufe, nicht entbehren, schon der systematischen Übersicht des Stoffes wegen, die als Abschlufs des Unterrichts nicht fehlen darf. Der Schüler der Oberstufe wird auch leicht imstande sein, die dem Unterricht entsprechenden Abschnitte zu Hause selbständig durchzuarbeiten und darüber in der Klasse kurz zu berichten. Man wird auch hinsichtlich mancher Ableitungen sekundärer Art auf das Lehrbuch verweisen und dies überhaupt für den häuslichen Fleiss mehr heranziehen dürfen. Man könnte das Gesagte so formulieren, dafs das Lehrbuch den Unterricht begleiten, aber nicht beherrschen soll. Oder auch: Ein Lehrbuch der Physik ist nicht dazu da, damit danach unterrichtet wird. Gerade die irrige Meinung, dafs dem so sei, hat dazu geführt, den Unterricht lange Zeit allzu systematisch-deduktiv zu gestalten.“ —

Es wird dann noch auf die Frage nach dem Verhältnis zwischen dem physikalischen und dem mathematischen Unterricht eingegangen und darauf Bezug genommen, dafs die Mathematik, unbeschadet ihrer selbständigen Bedeutung, doch mehr und mehr realistische Elemente in ihren Betrieb aufgenommen hat. „Es würde in der That nicht nur für den Physikunterricht eine Entlastung, sondern zugleich für den mathematischen Unterricht einen Gewinn bedeuten, wenn gewisse Dinge, die bisher zumeist in den Physikstunden behandelt wurden, in die mathematischen Stunden verlegt würden. Bei der geringen Stundenzahl, die dem Physikunterricht auf den Gymnasien (und relativ zu seiner Bedeutung auch auf den Realgymnasien) zugewiesen ist, kann auf solche Weise Raum dafür geschaffen werden, dafs der eigentliche spezifische Bildungswert dieses Faches einigermafsen zur Verwirklichung gelangt. Nicht als ob der Ruf: die Physikstunde gehört dem Physiker, in so engem Sinn zu nehmen wäre, dafs nun keine mathematische Formel mehr in den Physikstunden auftreten dürfte. Aber das wäre wohl als erstrebenswert zu bezeichnen, dafs nur solche mathematische Entwicklungen einfachster Art, die für die Physik grundlegend sind, oder die mit fundamentalen Problemen in unmittelbarem Zusammenhang stehen (ich denke an die Schwungkraftformel, an die Schwingungsbewegung und ähnliches), in den Physikstunden beibehalten werden. Anwendungen dagegen, wie die Entwicklung der barometrischen Höhenformel, die Diskussion der Wurfkurve, die Berechnungen am astronomischen Polardreieck, die Ableitung des Newtonschen Gesetzes aus den Keplerschen u. dgl. m. gehören in die mathematischen Stunden.“

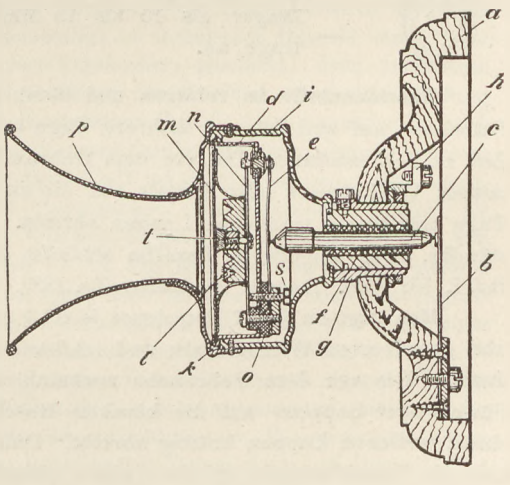
Im Anschluſs hieran wird daran erinnert, daſs von der Möglichkeit, unter die mathematischen Aufgaben für die Reifeprüfung an Gymnasien auch eine physikalische aufzunehmen, noch immer zu wenig Gebrauch gemacht wird. Auch die weitergehende Forderung Schwalbes, daſs Physik und Chemie auch als solche in der Abiturientenprüfung des Gymnasiums eine Stelle finden müſsten, dürfe nicht in Vergessenheit geraten.

Zum Schluſs wird dargelegt, daſs der Physikunterricht nicht nur das Recht, sondern sogar die Pflicht habe, Fragen, die mit dem Problem der Weltanschauung zusammenhängen, nicht aus dem Wege zu gehn. Dies wird an einem Beispiel erläutert: „Wir lehren unsern Schülern, daſs Klang auf Schwingungen der Luft, und Licht auf Bewegungen im Äther zurückzuführen sei. Aber bestehen Klang und Licht deshalb in solchen Bewegungen, sind diese Bewegungen das eigentlich Reale, und sind die Bewusstseinsvorgänge, die als Empfindungen in uns auftreten, nur Begleiterscheinungen dieses Realen? Ist das menschliche Geistesleben demnach überhaupt nur etwas Sekundäres, machen seelenlose Vorgänge in der Aufsenwelt das Wesen der Welt aus, und sind unsere Empfindungen, Gedanken, Gefühle nichts als eine Art Wiederschein dieser Vorgänge? Oder ist umgekehrt die ganze Aufsenwelt nur die Projektion eines Innern, Subjektiven? — Es wird ja von der philosophischen Stellung des Einzelnen abhängen, wie er diese Fragen beantwortet. Nach meiner Überzeugung ist es so, daſs gerade erst im menschlichen Gemüt die Dinge da draufsen ihre letzten und feinsten Wirkungen entfalten, sodaſs geradezu gesagt werden muſs: Im Menscheninnern erst kommt das Wesen der Welt zu seinem vollkommensten Ausdruck. Dann ist auch, was wir als Klang- und Lichtwirkung empfinden, gewissermaſsen das Allerrealste an den Vorgängen. Ein Hinweis auf solche Anschauungen, die mit den tiefsten philosophischen Ergebnissen des letzten Jahrhunderts zusammentreffen, darf dem physikalischen Unterricht als Abschluſs nicht fehlen. Zu erinnern wäre auch daran, wie in dem vor kurzem erst gefeierten Gustav Theodor Fechner die strengste physikalische Forschung sich mit einer alles Physikalische weit übersteigenden Weltansicht vereinigte — und wie vor Jahrhunderten schon in Giordano Bruno die Überzeugtheit von der neuen Lehre des Copernikus sich mit einer nicht minder innigen Überzeugtheit von der Beseeltheit der Welt und mit einer überschwenglichen Begeisterung für die Schönheit dieser Welt verband". *P.*

---

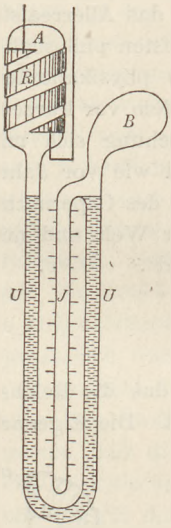
5. Technik und mechanische Praxis.

Ein neues Körner-Mikrophon hat die A.-G. Mix & Genest hergestellt, das die Reichs-Postverwaltung angenommen hat und künftig ausschliefslich einführen wird. Die Eigenart dieses in der *E.T.Z. 21, 700; 1900* beschriebenen Mikrophons besteht darin, daſs das eigentliche Mikrophon in eine kleine Kapsel eingeschlossen ist, die man nach dem Abnehmen des Schalltrichters innerhalb weniger Sekunden auswechseln kann. Der ganze Apparat zerfällt in den Sockel, den Schalltrichter und die Mikrophonkapsel. Der Sockel besteht aus der hölzernen Grundplatte *a* mit der festen Büchse *g*, die durch die Klemme *h* festgehalten wird. In *g* sitzt eine zweite drehbare Büchse, die das eigentliche Gehäuse *i* trägt. Eine an der oberen Seite von *g* sitzende Schraube, deren Spitze in eine Rille der drehbaren Büchse eingreift, verhindert das Herausziehen des Gehäuses. Die drehbare Büchse ist durchbohrt und mit einer Ebonitfütterung *f* versehen, in welcher der lose verschiebbare Contaktbolzen *c* sitzt. Beide Enden von *c* sind mit Platincontakten versehen und berühren einerseits die



Contaktfeder *b*, die zu der einen Klemme führt, andererseits die Contaktfeder *e*, die auf der Rückseite der Mikrophonkapsel isolirt angebracht ist. Die Mikrophonkapsel *d* ist vorn durch die Sprechmembran *m* verschlossen. Das eigentliche Mikrophon besteht aus der Kohlenplatte *m* und der gerieften Kohlenscheibe *l*, die an der Feder *n* aufgehängt ist. Platte und Scheibe verbindet ein Stoffring mit einander. Der Zwischenraum ist mit Kohlenkörnern ausgefüllt. Der vordere Rand des Stoffrings ist ausgefranst, und die ausgespreizten Fäden sind an der Sprechmembran festgeklebt, während der hintere Rand um die Kante der Kohlenscheibe gebunden ist. Dieses Gebilde ist äufserst elastisch und verhindert das Herausfallen der Kohlenkörner. In der Mitte der Scheibe *l* sitzt der wollene Pinsel *t*, der die Schwingungen der Sprechplatte *m* dämpft. Diese Dämpfung kann man mittels der Schraube *s*, die gegen die Feder *n* drückt, regeln. Der Schalltrichter, der mittels Bajonnettverschlusses und einer Schraube am Gehäuse befestigt ist, hält die Mikrophonkapsel darin fest. Der Strom geht von der Klemme *h* über das Gehäuse *i* nach der Kapsel *d* und zur Kohlenscheibe *m*, von da durch die Kohlenkörner nach der Scheibe *l*, den Federn *n* und *e* und von dort durch den Bolzen *c* zur Klemme *h*. Läfst die Wirkung des Mikrophons nach, so genügt ein geringfügiges Drehen des Gehäuses, um neue Berührungsstellen der Kohlenkörner mit der Membran und der Scheibe herzustellen. *H.-M.*

Wrights Maximalstrommesser, welchen die Firma Mildé fils & Co. zu Paris herstellt, beschreibt E. RUHMER in der *Phys. Ztschr. 1, 506, 1900.* (*Deutsche Mechaniker Ztg. 1900 S. 166.*)



Eine enge U-förmige Glasröhre *U U* endigt in die Erweiterungen *A* und *B*. Eine Spirale *R* aus einer Metalllegierung von hohem elektrischen Widerstand und geringem Temperaturkoëfficienten umgiebt *A*, während unterhalb der Glasbirne *B* die unten geschlossene Glasröhre *I* seitlich angesetzt ist. Die U-Röhre ist mit einer gefärbten Flüssigkeit gefüllt, die bei geöffnetem Strom rechts bis zur Ansatzstelle der Anzeigeröhre *I* reicht. Schliefst man den Strom, so erwärmt sich *R*, das Gas in *A* dehnt sich aus, die Flüssigkeit in dem rechten Schenkel steigt und fliefst zum Teil in die empirisch geteilte Anzeigeröhre über. Die Flüssigkeitshöhe in *I* ist ein Mafs für den stärksten Strom, welcher den Apparat seit der Stromschliefsung durchflossen hat. Die Flüssigkeit wird durch Umdrehen wieder auf Null eingestellt. Der Apparat ist für Gleich- und Wechselstrom brauchbar. Da aber die Wärmewirkung sich erst nach einer gewissen Zeit geltend macht, so zeigt er plötzliche starke Stromschwankungen z. B. Kurzschlufs nicht und nur Stromstärken, die länger als 10 bis 15 Minuten bestanden haben, in ihrem vollen Betrage an. *H.-M.*

Maschinenteile zu reinigen und blank zu erhalten. Man löse geschabtes Paraffin in Petroleum auf und lasse es mehrere Tage in einer verkorkten Flasche stehen, die man von Zeit zu Zeit schüttelt. Die vor dem Gebrauch nochmals aufgeschüttelte Lösung trage man mittels Wolllappens oder Pinsels auf die zu reinigenden Stücke auf, die man am nächsten Tage mit einem trockenen Lappen abreibt. Rost, verharztes Öl u. s. w. verschwinden vollständig. Das beigefügte Paraffin schliefst eine Oxydation aus. *Zeitschr. f. d. gesamte Kälte-Ind. 7, 75; 1900. Deutsche Mechaniker-Ztg. 1900, 104.*

Man fügt zu je 1 l Petroleum je 0,1 l gewöhnliches Maschinenöl, Terpentinöl, Stearinöl und gepulverten Wiener Kalk und schüttelt die Flasche während zweier Tage öfter tüchtig durch. Die vor dem Gebrauche nochmals aufgeschüttelte Mischung streicht man mittels Pinsels oder Lappens auf die blanken Maschinenteile, die man nach einigen Stunden mit einem wollenen Lappen kräftig abreibt. Dabei verschwinden alle Schmutz- und Rostflecken und die Maschinenteile erhalten einen silberhellen Glanz. *Metallarb. 26, 196; 1900. Deutsche Mechaniker-Ztg. 1900, 104.* *H.-M.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Mechanik in ihrer Entwickelung historisch-kritisch dargestellt von Dr. Ernst Mach, Professor an der Universität zu Wien. Mit 257 Abbildungen. Vierte verb. und verm. Auflage. Leipzig, F. A. Brockhaus, 1901. 550 S. M. 8, geb. M. 9.

Es ist ein erfreuliches Zeichen des Interesses für den in diesem Werke behandelten Gegenstand, dafs wiederum eine neue Auflage nötig geworden ist. Der Verfasser darf mit Recht für sich das Verdienst in Anspruch nehmen, das Bild der Umwandlungen, welche die Mechanik bisher erlebt hat, im grofsen und ganzen richtig gezeichnet zu haben; das Buch wird ein Grundbuch für Jeden bleiben, der sich über die Entwicklung der Prinzipien der Mechanik Aufklärung verschaffen will. Auch den Kennern des Werkes bringt die vorliegende Auflage wiederum vieles Neue und Interessante. So sind historische Einzelausführungen hinzugekommen S. 4 über die naturwissenschaftlichen Leistungen der Alten, S. 9 über die älteste Mechanik, S. 190 über die physikalischen Leistungen von Huygens, S. 196 über Borelli, S. 198 über Newtons Auffassung der Fernwirkung, S. 154 über die Auffassungen von der Wurfbewegung vor Galilei, S. 222 über Galileis Erklärung der Ebbe und Flut, S. 509 über die Ausdehnungslehre von Grafsmann, S. 535 über die Leistung Robert Mayers. In kritischer Hinsicht ist die archimedische Ableitung des Hebelgesetzes eingehender behandelt worden; die früheren kurzen Bemerkungen über die Hertzsche Mechanik sind zu einem besonderen Paragraphen erweitert, und endlich haben „verschiedene Auffassungen der dargelegten Gedanken“ eine ausführliche kritische Behandlung auf S. 276—292 gefunden. Hier ist auf neuere Controversen über den Begriff der Masse, über die Entdeckung des Trägheitsgesetzes und über den absoluten Raum eingegangen, und es ist damit ein erneuter Anlafs zu fruchtbarer und fördernder Diskussion der angeregten Fragen gegeben. In prinzipieller Hinsicht bemerkenswert ist ein Zusatz über das Verhältnis der Mechanik zur gesamten Physik (S. 410). Im Zusammenhange mit dem Gaufsschen Prinzip der kleinsten Wirkung spricht hier der Verfasser den bedeutsamen Satz aus: „Ich halte die Mechanik nicht sowohl für die erklärende Grundlage aller übrigen Gebiete, als vielmehr wegen ihres formalen Vorsprungs für ein vorzügliches Vorbild derselben“. Er stellt sich damit in einen bewufsten Gegensatz zu einer allzu mechanistischen Auffassung der Physik, die heut noch ziemlich allgemein herrschend ist, und gegen die er bereits in seinen „Prinzipien der Wärmelehre“ Einspruch erhoben hat.

Auch diese neue Auflage wird dazu beitragen, neben reicher sachlicher Einsicht Sinn und Verständnis für die Erforschung des Wesens unsrer naturwissenschaftlichen Erkenntnis zu verbreiten. Möchte es dem Verfasser vergönnt sein, bei einer künftigen Neuauflage des Buches eine solche fortgesetzte Wirkung constatieren zu können. *P.*

Körners Lehrbuch der Physik. Für höhere Lehranstalten bearbeitet von Prof. Dr. Albert Richter in Wandsbek. Mit 134 Abbildungen, einer Weltkarte für die Zeitvergleichung, zwei Sternkarten und zwei Farbentafeln. Franz Deuticke, Leipzig u. Wien, 1900. XVI u. 533 S. Geb. M. 6.—.

Das ursprünglich für österreichische Gewerbeschulen bestimmte Buch hat auch in dieser für höhere Lehranstalten des deutschen Reiches bearbeiteten Ausgabe seinen Charakter nicht wesentlich verändert. Es sind die Anwendungen der Physik namentlich in technischer Hinsicht etwas mehr berücksichtigt, als dies sonst vielfach in physikalischen Lehrbüchern geschieht. Dem praktischen Gesichtspunkt entspricht es auch, wenn z. B. die goldene Regel der Mechanik durch die Gleichung „$PS = p\ s +$ Widerstandsarbeit“ dargestellt wird. In theoretischer Hinsicht wäre, auch im Hinblick auf die spezielle Bestimmung des Buches, mehrfach eine genauere Durcharbeitung angebracht gewesen; so ist von der Gleichung zwischen Hubarbeit und lebendiger Kraft bei der Fallbewegung allzu unvermittelt zu dem Gesetz von der Erhaltung der Arbeit übergegangen. Im allgemeinen herrscht die Tendenz vor, mehr fertige Resultate als eindringende Analysen zu geben. Demgemäfs ist z. B. von den magnetischen und elektrischen Kräften gesagt, dafs sie zu den fernwirkenden Kräften gehören und als solche das allgemeine Fernwirkungsgesetz befolgen, doch ist eine Definition des Begriffs Elektrizitätsmenge nicht gegeben, ebenso wenig die Definition der absoluten elektrostatischen Einheit einer solchen. Neu — aber nicht nachahmenswert — ist die Ableitung des Ohmschen Gesetzes $E = J.\ W.$ aus dem „physikalischen Axiom“: Ursache = Wirkung, indem E mit Ursache, $J.\ W.$ mit Wirkung identifiziert wird. Überhaupt ist die Darstellung der Elektrizitätslehre am wenigsten gelungen, der Galvanismus wird noch auf die Voltasche Spannungsreihe aufgebaut, von Potential oder einem äquivalenten Begriff ist nirgends die Rede, die neueren methodischen Bemühungen auf diesem Gebiet haben keinen erkennbaren Einflufs ausgeübt. Von einer geschlossenen Stromleitung wird gesagt: Die elektromotorische Kraft erzeugt auch in der ganzen Stromleitung eine gewisse Spannung, welche gegen das Ende derselben abnimmt und die Überwindung des Leitungswiderstandes ermöglicht“.

Ähnliche Unklarheit herrscht in dem, was zur „Erklärung der Induktion“ (§ 546) gesagt ist. Derartiges mag als genügend zur Anlernung von Elektrotechnikern erachtet werden, es reicht aber nicht aus für den allgemeinen Bildungszweck unserer höheren Lehranstalten. In experimenteller Hinsicht sind manche neuere Apparate beschrieben, u. a. sind auch die zweckmäfsigen von H. Hartl angegebenen Abänderungen mehrfach benutzt. Es widerspricht aber allem historischen Gefühl, wenn altbekannte Apparate, wie Atwoods Fallmaschine oder Pascals Bodendruckapparat, wegen der daran vorgenommenen Verbesserungen einfach als Hartlsche Apparate bezeichnet werden.

Der Herausgeber hat sich bemüht, das Buch dem Bedürfnis reichsdeutscher Lehranstalten anzupassen und namentlich einen Abrifs der mathematischen Geographie hinzugefügt. Dieser bleibt insofern ganz im Charakter der übrigen Teile des Buches, als er den wesentlichsten Stoff zusammenstellt, ohne auf Darlegung feinerer Zusammenhänge, wie solche z. B. von Mach in seinem Lehrbuch für obere Klassen an die Hand gegeben sind, einzugehn. Ein Anhang behandelt in grofsen Zügen die Geschichte der mathematischen Geographie. Dankenswert ist, dafs der Herausgeber eine Reihe von nautischen Aufgaben nebst Resultaten und Erläuterungen beigegeben hat. *P.*

The Wave Theory of Light. Memoirs by Huygens, Young and Fresnel. Edited by Henry Crew. New-York, American Book Company, 1900. XV und 164 S.

Das Bändchen gehört einer Reihe von „Scientific Memoirs“ an, die von J. S. Ames herausgegeben werden und den Ostwaldschen Klassikern vergleichbar sind. Den Abhandlungen von Huygens, Young und Fresnel sind kurze biographische Skizzen, sowie ein Überblick über die Entwicklung der Optik beigegeben, in dem zwischen einer kinematischen und einer dynamischen Theorie des Lichts unterschieden wird. Die hier vereinigten Abhandlungen beziehen sich ausschliefslich auf die erstere. *P.*

Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung. 3. völlig umgearbeitete und vermehrte Auflage. Von Dr. Hermann J. Klein. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1901. Preis geh. M. 10.

Das unter etwas verändertem Titel als neue Auflage der „Anleitung zur Durchmusterung des Himmels“ erscheinende Werk war ursprünglich ausschliefslich dazu bestimmt, Besitzer von kleineren oder gröfseren Fernrohren in sachgemäfser Weise auf die beachtenswertesten Objekte am Firmament aufmerksam zu machen und ihnen teils das mit ihrem Instrument Wahrnehmbare zu bezeichnen, teils das die Kraft kleinerer Fernrohre übersteigende Detail durch Wort und Bild zu ergänzen. Für diesen Zweck hat sich denn auch die Kleinsche Durchmusterung als ein wohl auf keinem Beobachtungstische fehlendes, handliches *standard work* in astronomischen Kreisen längst eingebürgert. Bei der mit Rücksicht auf die schnellen Fortschritte der Astronomie während der letzten Jahrzehnte recht notwendig gewordenen Neubearbeitung fafste Verf. den Entschlufs, dem Buche durch vollständigere und systematische Darstellung der Ergebnisse astronomischer Beobachtungen eine höhere Stufe anzuweisen, wodurch es von selbst zugleich zu einer Neuauflage der vor drei Jahrzehnten erschienenen „allgemeinen Himmelsbeschreibung“ wurde, welcher Titel denn nun auch dem Werke vorgesetzt ward. So stellt das Werk den Standpunkt der empirischen, astronomischen Forschung am Schlusse des neunzehnten Jahrhunderts in gedrängter, aber doch ziemlich vollständiger und durch zahlreiche, gute Illustrationen (darunter zwei bunte Spektraltafeln) unterstützter Behandlung dar.

Nach einem über die wichtigsten Beobachtungsmittel orientierenden ersten Kapitel schliefst sich unmittelbar die erschöpfende Behandlung des Sonnensystems an, worauf die Stellarastronomie zunächst im allgemeinen behandelt wird. Den Abschlufs des Werkes bildet die Durchmusterung des siderischen Inhalts der in Mitteleuropa sichtbaren Sternbilder, eine in dieser Weise kaum in einem anderen Werke wiederzufindende, durch zahlreiche Aufsuchungskärtchen für veränderliche Sterne geschmückte Zusammenstellung der interessantesten Objekte des Fixsternhimmels.

Bei der Behandlung des Sonnensystems wären einige Vervollständigungen noch wünschenswert. Bei der Sonne werden die Protuberanzen etwas gar zu kurz behandelt und man vermifst eine Abbildung charakteristischer Formen derselben. Auch der Mond ist im Vergleich zu dem reichen Detail, das gerade schon kleinere Fernrohre zeigen, sehr kurz und summarisch behandelt, eine Übersichtskarte wäre jedenfalls am Platze gewesen. Vielleicht hat Verf. sich von einer derartigen Beigabe durch den Umstand abhalten lassen, dafs alle gröfseren Atlanten Mondkarten enthalten, und ist auf eine detailliertere Topographie deshalb nicht eingegangen, weil hierfür besondere, treffliche Bücher, wie z. B. das Neisonsche, existieren und der Umfang des vorliegenden Werkes durch weitere Detailbeschreibung gar zu sehr gewachsen wäre. Zahlreiche tabellarische Zusammenstellungen, wie z. B. das Gallesche Kometenbahnverzeichnis, die Wolfschen Sonnenfleckenrelativzahlen, Bossards neues Verzeichnis von Eigenbewegungen bei Fixsternen, Frequenztabellen von Sternschnuppen und Meteoren nach Schmidt und Bornitz, Espins Verzeichnis der Sterne vom Vogelschen Spektraltypus III b, Campbells Aufzählung der Wolf-Rayet-Sterne u. a. m. erhöhen die Brauchbarkeit des Werkes

auch für ernstere Studien beträchtlich. Ohne daher eigentlich populär zu sein, bietet das Buch andererseits nur die auf Thatsachen der Beobachtung sich stützenden Forschungsergebnisse und erfordert daher keinerlei weitergehende Fachkenntnisse zu seinem Verständnis. Eine Reihe interessanter Himmelsphotographieen werden in guten Reproduktionen vorgeführt und die auf die Beobachtungen und Zeichnungen H. C. Vogels sich stützenden farbigen Spektraltafeln sind bis auf das die hellen Chromosphären- und Protuberanzenlinien zu wenig deutlich hervortreten lassende Spektrum des Sonnenrandes als wohlgelungen zu bezeichnen. Bei der Besprechung von Newtons Rechnungen über den Leonidenschwarm hätte S. 297 nicht gesagt werden dürfen, dafs die Umlaufszeit 354,92 Tage „beträgt", denn 2 Seiten später wird diese Angabe nach Schiaparelli auf $33^1/_4$ Jahre berichtigt. Newtons vor der Erkenntnis des Zusammenhanges zwischen Kometen und Sternschnuppen gemachte Annahme einer nahezu kreisförmigen Bahn der Leoniden war eben unrichtig, findet sich aber immer noch hier und da nachgesprochen, so z. B. auch in der neuesten Auflage des Jochmannschen Lehrbuches; darum sollte von Seiten der Astronomen der fortgesetzten Verbreitung solch falscher Thatsachen energisch entgegengetreten werden. *Koerber.*

Die Verflüssigung der Gase. Geschichtlich entwickelt von Willett L. Hardin, Harrison senior fellow in chemistry in the University of Pennsylvania. Übersetzt von Prof. Dr. J. Traube an der Techn. Hochschule zu Berlin. Mit 42 Abbild. Stuttgart, F. Enke, 1900. 184 S. M. 6.

Nicht nur die rapiden Fortschritte der modernen Kältetechnik, sondern auch die mannigfachen wissenschaftlichen Untersuchungen bei tiefen Temperaturen rechtfertigen das Erscheinen der vorliegenden Monographie. Es wird in derselben die historische Entwicklung der Gasverflüssigung dargelegt und vor allem ein umfangreiches Bild des gegenwärtigen Standes der Kältetechnik geboten. Die historische Entwicklung gliedert der Verf. in vier Perioden; in der ersten werden die Versuche von Otto von Guericke, Boyle, Mariotte und Cagniard de la Tour behandelt, in der zweiten die denkwürdigen Versuche Faradays vom Jahre 1823 (Verflüssigung von Chlor, Kohlensäure u. a.), ferner diejenigen Thiloriers und Natterers, sowie die späteren Untersuchungen Faradays besprochen; in der dritten wird die Aufklärung erörtert, welche die Versuche Andrews bezüglich der kritischen Constanten brachten; die letzte setzt ein mit der Verflüssigung des ersten permanenten Gases durch Cailletet und Pictet und schreitet bis zur Gegenwart vor. In einem kürzeren Schlufskapitel finden sich noch wertvolle Bemerkungen über die Natur der Aggregatzustände, über die Eigenschaften der Materie bei tiefen Temperaturen, sowie interessante Mitteilungen über die physiologischen Wirkungen der letzteren auf niedere Organismen sowie auf den Menschen. Durch Anfügen der mannigfachen in der Litteratur zerstreuten Demonstrationsversuche mit flüssiger Luft würde der Wert des Buches — auf das vom Standpunkt des Physikunterrichts nachdrücklich hinzuweisen ist — wenigstens für Unterrichtszwecke noch wesentlich erhöht werden. *O. Ohmann.*

Lehrbuch der Chemie und Mineralogie für die vierte Klasse der Realschulen von Franz von Hemmelmayr und Dr. Karl Brunner (der mineralogische Teil bearbeitet von Heinrich Leitenberger). Mit 68 Abb. Wien u. Prag 1900. 182 S. 1 K. 90 h., geb. 2 K. 40 h.

Das für österreichische Realschulen bestimmte Buch, dem eine die Besonderheiten motivierende Vorrede leider fehlt, zerfällt in die vier Abschnitte: 1. Verhalten der Körper gegen Lösungsmittel (S. 2—12), 2. Vorführung der einfachsten chemischen Erscheinungen (13—46), 3. Anorganische Chemie, Nichtmetalle und Metalle (46—150), 4. Organische Chemie (150—177). Wie sich teilweise schon hieraus ergiebt, ist die Anordnung im ganzen eine systematische; der erste und zweite Abschnitt sind vorbereitender Natur, insbesondere werden im zweiten die wichtigsten chemischen Gesetze auf Grund passend ausgewählter Versuche entwickelt, während der erste eine Reihe instruktiver Lösungsversuche enthält. Die Mineralien sind, wie dies meist in systematischen Lehrbüchern üblich, den einzelnen Elementen zugeordnet. Das Buch knüpft kompliziertere Erscheinungen immer an ganz einfache an und zeichnet sich überhaupt durch Einfachheit und Klarheit vor vielen anderen, ähnliche Ziele verfolgenden Büchern aus. *O.*

*Programm-Abhandlungen**).

Anwendungen des Gaufsschen Prinzipes vom kleinsten Zwange. Von Karl Hollefreund. Luisenstädt. Gymnasium zu Berlin, Ostern 1897. Pr. Nr. 97. 24 S. und 2 Tafeln.

Durch die Hertzsche Mechanik ist das Gaufssche Prinzip des kleinsten Zwanges in den Vordergrund des Interesses gerückt worden. Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, an einer Reihe

*) Durch zufällige Umstände ist die nachfolgende Anzeige von 3 Programm-Abhandlungen aus dem Jahre 1897 leider bis jetzt verzögert worden.

von Beispielen aus der Mechanik die mannigfaltige Anwendbarkeit dieses Prinzips zu zeigen, und führt die Behandlung in leicht zu verfolgender schulmäfsiger Weise durch, ohne dafs deswegen seine Entwicklungen den Anspruch erheben, direkt für die Schule verwertbar zu sein. Doch deutet er selbst an, dafs vielleicht einige leichtere Gleichgewichtsaufgaben zur Belebung des Interesses einmal auf diese Art gelöst werden könnten. Zur Behandlung kommen: Schiefe Ebene, Kräfteparallelogramm, Kreisbewegung, Fallmaschine, Rollen- und Flaschenzüge, Hebel, Poggendorffs Fallmaschine, Schwerpunkt, unelastischer Stofs, Bewegung auf einer schiefen Ebene, die selbst horizontal beweglich ist, plötzliche Änderung der Bewegungsrichtung, Bewegung eines auf einer glatten Kugel herabgleitenden schweren Massenpunkts, Mathematisches Pendel, Physisches Pendel, Raumpendel, Drehung eines starren Körpers um einen festen Punkt, Drehung infolge eines Stofses, Widerstand des festen Punktes, Drehung um feste Achsen, Zug am festen Punkte, Bewegung auf der rotierenden Erde, Foucaultsches Pendel. Die dankenswerte Abhandlung verdient auch heut noch die Beachtung der Fachgenossen. *P.*

Das Pendel und seine Verwendung. Von Hans Zürn. Königl. Gymnasium zu Plauen i. V., Ostern 1897. Pr. Nr. 564. 39 S.

Auf eine in manche Einzelheiten eingehende geschichtliche Übersicht folgt eine besonders auf geodätische Studien gestützte Darstellung der Pendelbewegung und der dabei zu berücksichtigenden Fehlerquellen, insbesondere des umgebenden Mediums und der Temperatur, der störenden Einwirkung der Schneiden und des Mitschwingens des Pendelträgers. Ferner werden die invariablen Pendel, die zur Ermittelung der Variation der Schwere an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche dienen, besprochen, dann die Bestimmung der Schwingungszeit, die Reduktion der Schweremessungen auf Meeresniveau, endlich die Verwendung der Pendelbeobachtungen zur Bestimmung der Gestalt der Erde, wobei auf einzelne merkwürdige Ergebnisse der neueren Geodäsie hingewiesen wird. *P.*

Aus der Praxis des physikalischen Unterrichts. Von Prof. Dr. Mischer. Gymnasium zu Seehausen i. d. A., Ostern 1897. Pr. Nr. 259. 18 S.

Aus den allgemeinen Bemerkungen zum physikalischen Unterricht sei besonders hervorgehoben, dafs der Verfasser sich gegen den Gebrauch eines Lehrbuchs beim Unterricht und vielmehr für kurze zusammenfassende Diktate ausspricht. Als Lehrbuch würde er ein solches vorziehen, das nur Stoff und nicht auch Methode giebt. Bei Besprechung des Lehrganges selbst erkennt er den Vorzug des propädeutischen Kursus an, mit der Beschränkung, dafs in U II einerseits Chemie und Mineralogie, andererseits Elektrizität und Magnetismus den Hauptteil der Zeit in Anspruch zu nehmen haben; für das letztere Gebiet giebt er eine ins Einzelne gehende Stoffübersicht, die schon die Grenzen eines Unterkursus überschreiten dürfte. Zur Oberstufe macht er besonders auf den Unterschied zwischen einer Sache und der sie bezeichnenden Mafsformel aufmerksam und teilt eine Disposition des Lehrgangs in der Optik mit. Den Schlufs bilden einige Bemerkungen zur Erd- und Himmelskunde. Die von ihm hinsichtlich der Vergrößerung seines Sammlungs- und Unterrichtsraums ausgesprochenen Wünsche sind hoffentlich inzwischen erfüllt worden. *P.*

Der Handfertigkeitsunterricht im Anschlusse an die Physik. Von L. Hönig. Grofsherz. Realschule zu Mittelstadt (Hessen), Ostern 1901. 8 S. und 1 Tafel. Pr. Nr. 708.

Die Anstalt besitzt eine Werkstätte für Handfertigkeitsunterricht, deren Einrichtung hier näher beschrieben wird. Der Verfasser liefs auch einfache Apparate bauen, um eine Verbindung dieses Unterrichts mit der Physik anzubahnen. Dazu war neben dem Holzarbeiten einige Übung in der Metallbearbeitung, namentlich im Löten, erforderlich. Der Verfasser macht nähere Mitteilung über folgende gröfstenteils auch abgebildete Apparate: Thermometer, Gabelelektroskop (d. Ztschr. *X 247*), Hygroskop, Krystallmodelle, Manometer, Thürhebel, Cardanische Aufhängung, Apparat zum Nachweis des Thermostroms, Photometer verschiedener Construktion, Spirale von Petrina, Apparat für das Reflexionsgesetz (Weinhold), Apparat für Luftströmungen infolge ungleicher Erwärmung (d. Ztschr. *VII 25*), Spiegelungsapparat nach Rosenberg bezw. K. Fuchs (d. Ztschr. *XIII 221*), Gnomon, Briefwage, Apparat für stabiles Gleichgewicht (d. Ztschr. *XIII 276*), Schiebersteuerung der Dampfmaschine nach Frick. Die Apparate waren auf der Pfingstversammlung in Giefsen ausgestellt und fanden viel Beifall. *P.*

Die scheinbare Vergrößerung der Sonne und des Mondes am Horizont. Von Prof. Dr. E. Reimann, Gymnasium zu Hirschberg, Ostern 1901. Pr. Nr. 202.

Eine sehr gründliche historische Behandlung der berühmten Thatsache: Aristoteles zieht die feuchten Dämpfe zur Erklärung heran, die lichtbrechend, oder — nach neuerer Anschauung — absorbierend wirken. Eine physiologische Erklärung findet sich in der Optik des Ptolemäus. Erst Alhazen (um 1000) geht darüber hinaus, indem er die Erscheinung aus einer Täuschung über die

Form des Himmelsgewölbes ableitet. Gassendi macht die Dimensionen der Pupille verantwortlich, als ob die scheinbare Gröfse der Gegenstände ihr proportional wäre! Erst im 19. Jahrhundert wird man sich über den Grund der scheinbaren Abplattung des Gewölbes klar, da man findet, dafs eine Strecke ohne Zwischenpunkte kürzer erscheint, als eine solche mit zwischenliegenden Objekten; hiermit lernt heute jeder deutsche Rekrut beim Entfernungsschätzen rechnen. Was anfangs Wirkung der Dämpfe heifst, nennt man heute Luftperspektive, die auch Helmholtz heranzieht: bei recht klarem Wetter sei die Erscheinung für den Mond nicht sehr evident. Lambert sucht 1758 die Gestalt des Himmelsgewölbes und seine Dimensionen zu ermitteln, kommt aber zu „widersinnischen" Resultaten. Gaufs schreibt an Bessel über die Erscheinung und stellt Versuche mit schräggestelltem Körper an. Darnach wäre die Blickrichtung von Bedeutung, was auch Andere gefunden haben. Verf. hat mit Dr. med. Kroemer in Ratibor Versuche angestellt mit Hilfe von Kartenscheiben als Vergleichsobjekten. Die untergehende Sonne erschien $3^1/_3$ mal so grofs als die kulminierende. Die Höhe des Himmelsgewölbes verhält sich zum wagerechten Radius wie $1 : 3^1/_2$. Daraus würde sich die scheinbare Vergröfserung völlig aus diesem einen Grunde ohne Zuhilfenahme der Luftperspektive und physiologischer Ursachen erklären. Doch erscheint die Bestimmung von 17 km Gewölbehöhe und etwa 60 km horizontalem Radius anfechtbar. *W. Grosse.*

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften.

10. Hauptversammlung in Gieſsen, 28.—30. Mai 1901.

Die diesjährige Versammlung war trotz anfänglicher Bedenken hinsichtlich ihres Zustandekommens von mehr als 80 Teilnehmern besucht. Bemerkenswert war das lebhafte Interesse, das auch von seiten der Dozenten der Universität dem Vereine entgegengebracht wurde und sich in Vorträgen und Demonstrationen bekundete. Einer der Herren, der Botaniker Prof. Hansen, wurde an Stelle des dahingeschiedenen Direktors Schwalbe in den Vorstand des Vereins gewählt.

In der ersten Sitzung am 28. Mai nahm nach den Begrüfsungen der Vorsitzende Prof. PIETZKER das Wort zu einem Nachruf auf den verewigten Schwalbe, der zu den Gründern und von Anfang an auch zu den Vorstandsmitgliedern des Vereins gehört hat. Er hob besonders auch den historischen Sinn hervor, der sich in allen Geistesäufserungen Schwalbes offenbare und der ihn vor einer einseitigen Überschätzung der naturwissenschaftlichen Bildung bewahrt habe. Er sei ein leuchtendes Beispiel dafür, dafs Idealismus und Realismus keine Gegensätze sind, sondern dafs sie sich gegenseitig ergänzen; sein Streben sei auf die Herstellung einer Schulverfassung gerichtet gewesen, die dieser Auffassung gerecht werde, dafür habe er, und nicht erfolglos, gekämpft. — Darauf sprach POSKE (Berlin) über „Grundfragen des physikalischen Unterrichts". Der Vortrag erscheint in den Unterrichtsblättern für Mathematik und Naturwissenschaften, ein ausführlicher Bericht wird in dieser Zeitschrift an anderer Stelle gegeben werden.

In der mathematischen Abteilungssitzung desselben Tages zeigte Herr Schönemann (Soest) einen neu von ihm construierten Distanzmesser, den sogenannten Spiegelstab, dessen Wirkungsweise er zugleich eingehend erklärte, hierauf sprach Herr Geheimrat Prof. Pasch von der Gieſsener Universität über die Auflösung der kubischen Gleichungen, ferner zeigte Herr Prof. Hansen von der Gieſsener Universität eine Reihe der von ihm herausgegebenen pflanzengeographischen Wandtafeln, an diese Vorzeigung knüpfte sich eine ganz kurze Diskussion. In der physikalischen Sitzung sprach Herr Noack (Gieſsen) über „Physikalische Schülerübungen", diesem Vortrage schlofs sich die Besichtigung einer Sammlung von Schülerapparaten an, zur Besichtigung der eigentlichen Unterrichtssammlung fehlte es leider an Zeit. Aus dem Vortrage sei besonders erwähnt, dafs Herr Noack sich mehr für messende als für rein qualitative Versuche aussprach, andererseits jedoch die Messungen nicht zu Präzisionsbestimmungen verfeinert wissen wollte.

Am Nachmittag fanden Besichtigungen der Universitätsinstitute, des chemischen, des physikalisch-chemischen Instituts, der mineralogischen Sammlung, des botanischen Gartens statt. Die Herren Professoren Geh. Rat Naumann, Elbs, Hansen hatten die Güte, selbst hierbei die Führung zu übernehmen.

In der zweiten allgemeinen Versammlung am 29. Mai hielt A. SCHMIDT (Wiesbaden) einen Vortrag über die Bestimmung von Lichtstufen mittels der Rodenbergschen Isophotenkegelspuren. Daran schlofs sich eine eingehende Diskussion über die Gestaltung des Unterrichts in der darstellenden Geometrie. Es folgte ein zweistündiger Besuch des neu eingerichteten physikalischen Universitätsinstituts, dessen Einrichtungen von Herrn Professor DRUDE vorgeführt und durch eine

grosse Zahl interessanter Experimente erläutert wurden. Besonderes Interesse erregte die mannichfache Verwendung von Saug- und Druckluft, für deren Erzeugung besondere Maschinen in den Kellerräumen des Instituts eingerichtet sind; mit Druckluft von 12—14 Atm. Spannung wurde der Versuch der Anziehung einer Platte durch einen Luftstrom noch bei 50 kg Belastung der Platte ausgeführt, ferner wurde das Schweben einer Kugel auf dem Luftstrom, der Betrieb einer Gebläselampe und die Erzeugung monochromatischen Lichtes gezeigt. Von optischen Apparaten war die Projektion eines parallel zur Achse geschnittenen Kalkspats bemerkenswert, bei der durch eine sinnreiche Verbindung der Krystallplatte mit einem Halbcylinder aus Glas der kreisförmige und der elliptische Durchschnitt der Wellenfläche gleichzeitig sichtbar gemacht werden. (Der Apparat ist von Fuess construiert.) Die elektrischen Starkstromleitungen des Instituts wurden gleichfalls zu einigen Versuchen benutzt.

Am Nachmittag fand eine Besichtigung der Gailschen Thonwerke statt, am Abend vereinigte ein Festmahl die gröfsere Zahl der Teilnehmer.

Am dritten Tage begann die allgemeine Sitzung mit dem Vortrage von Kienitz-Gerloff (Weilburg a. d. Lahn) über das Thema „Welche Anforderungen soll man an botanische und zoologische Lehrbücher stellen“. In der darauf folgenden Diskussion wurde von einer Seite darauf hingewiesen, dafs die von dem Vortragenden aufgestellten Thesen über naturwissenschaftliche Lehrbücher vollständig mit den Ansichten zusammenträfen, die von Poske am ersten Verhandlungstage hinsichtlich der physikalischen Lehrbücher ausgesprochen worden waren. — Danach führte Herr Geyser (München-Gladbach) einige einfach herzustellende Apparate für den Unterricht in der darstellenden Geometrie vor.

Als Versammlungsort für das nächste Jahr wurde, zufolge einer Einladung der Stadtverwaltung, Düsseldorf festgesetzt, wo zur selben Zeit eine rheinisch-westphälische Industrieausstellung und eine deutsch nationale Kunstausstellung stattfindet.

Mit der Versammlung verbunden war eine Ausstellung von Unterrichtserzeugnissen und Lehrmitteln in der darstellenden Geometrie, an die sich eine Sammlung der Brückenmodelle von Schülke, physikalische Apparate des Universitätsmechanikers Schmidt in Gieſsen, sowie Erzeugnisse des Handfertigkeitsunterrichts von Herrn König in Michelstadt anschlossen.

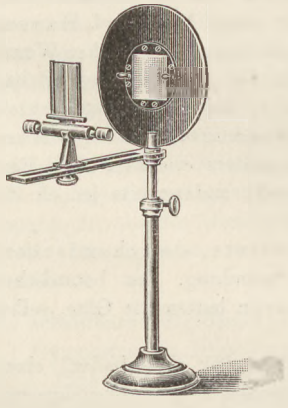
Eine Anzahl von Teilnehmern besichtigte auch das nahegelegene Bad Nauheim, eine geringe Zahl machte noch einen Ausflug ins Lahnthal, der in Weilburg seinen Abschlufs fand. *P.*

Mitteilungen aus Werkstätten.

Apparat zur Wiedervereinigung der Spektralfarben und zur Zerlegung des weissen Lichtes in Complementärfarben.

Von E. Leybolds Nachfolger in Cöln.

Zu diesen beiden sehr instruktiven Versuchen ist bisher meist der Duboscqsche Apparat verwendet worden. Derselbe weist jedoch 2 Übelstände auf. Erstens ist es nicht möglich, auch die inneren Partieen des Spektrums abzulenken und zweitens war die Veränderung der Stellung des Ablenkungsprismas nicht mit hinreichender Genauigkeit zu bewerkstelligen. Bei dem nebenstehend abgebildeten Apparate ist diesen beiden Fehlern in einer Weise abgeholfen, dafs die betreffenden Versuche nun ohne Schwierigkeit und mit grofser Zuverlässigkeit angestellt werden können. Das Ablenkungsprisma ist nur wenige Millimeter breit und zur gröfseren Sicherheit auf eine Glasplatte aufgekittet. Diese ist in eine Metallfassung gesteckt, welche durch eine Schraube in zum Strahlenbündel senkrechter Richtung verschoben werden kann. — Zu den Versuchen wird die Glasplatte mit Ablenkungsprisma zunächst entfernt und werden die Spektralfarben durch die Cylinderlinse vereinigt; es entsteht auf dem Schirme ein weifses Bild der Öffnung des Prismas. Bringt man darauf das Ablenkungsprisma an diejenige Stelle, an welcher sich das scharfe Bild des Spaltes oder vielmehr das scharfe Spektrum befindet und welche durch ein vorgehaltenes Blatt Papier leicht gefunden werden kann, so werden diejenigen Strahlengattungen, welche auf das Ablenkungsprisma fallen, abgelenkt; die anderen gehen ungehindert durch und geben auf dem Schirme die Mischfarbe dieser Strahlen. Man erhält so auf dem Schirme 2 gleich grofse Rechtecke, welche com-



plementär gefärbt sind. Dreht man an einem der beiden seitlich angebrachten Schraubenköpfe, so fallen andere Strahlen auf das Ablenkungsprisma und man kann so nach und nach jede Farbe aus dem Spektrum herausgreifen und erhält jedesmal die entsprechende Complementärfarbe.

Der Preis des Apparates beträgt 95 M.

Correspondenz.

Nachtrag zur Aufgabe über den Stofs von zwei Kugeln, Heft IV, S. 222:

Ich habe jüngst im Schaeffer-Museum zu Jena genauere Messungen angestellt mit zwei Kugeln von 37,5 und 75 g Gewicht, indem Herr Mechanikus Hahn daselbst, der sich für die Versuche sehr interessierte, fünferlei Vorrichtungen zur mechanischen Auslösung und Messung der Ausschläge anfertigte. Beim Stofsen der kleineren Kugel mit dem Ausschlag $e_1 = 9$ cm auf die gröfsere ($e_2 = 0$) zeigte sich der Rückprall $e_1' = -2{,}5$ statt der berechneten Zahl -3 und der Vorstofs der gröfseren Kugel $e_2 = 5{,}95$ statt 6. Und wenn die gröfsere Kugel mit $e_1 = 9$ auf die kleinere stöfst ($e_2 = 0$), so ging erstere hernach vorwärts um $e' = 2{,}95$ statt 3 und die kleinere lieferte $e_2' = 11{,}3$ statt 12.

Kurz.

„Vergil“ und „Lucian“ als Physiker. In das Gebiet der physikalischen Scherze gehören zwei ernsthaft gehaltene Zuschriften an die *Nature (vol. 63, 205 u. 252)*. In der ersten wird darauf hingewiesen, dafs sich bei Vergil bereits die „flüssige Luft“ erwähnt finde, nämlich in *Georg. 1, 404:* apparet liquido sublimis in aëre Nisus, und in *Aen. 6, 202:* Tollunt se celeres liquidumque per aëra lapsae — sedibus optatis geminae super arbore sidunt. In der zweiten wird über eine Vorwegnahme der Dewarschen Erfindung bei Lucian berichtet; dieser erzähle (vera historia 2, 89), dafs von den Mondbewohnern ἀὴρ ἀποθλιβόμενος ἐς κύλικα getrunken werde! *H.*

Für das akustische Rätsel des Herrn S. Kraus in Heft 4 S. 222 giebt Herr C. H. Müller in Frankfurt a. M. folgende Erklärung: Beim Schwingen nehmen die vorher kreisförmigen Querschnitte des Gefäfses elliptische Form an, wodurch der für das eingegossene Wasser verfügbare Raum sowohl beim Hin- als auch beim Herschwingen kleiner wird. Da nun das Wasser der raschen Bewegung der Gefäfswand nicht so rasch durch Ausweichen nach oben nachgeben kann, so wird es aus dem Spalt herausgepreſst und bildet einen kräftigen Strahl.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

Heinrich Weber, Die partiellen Differential-Gleichungen der mathematischen Physik. Nach Riemanns Vorlesungen neu bearbeitet. 4. Aufl. II. Bd. Mit Fig. i. Text. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1901. 527 S. M. 10. — **F. Kohlrausch,** Lehrbuch der praktischen Physik. 9. Aufl. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1901. 610 S. — **Georg Rohde,** Das Chromylchlorid u. die Etardsche Reaktion. (Sammlung chem. u. chem.-techn. Vorträge von Felix B. Ahrens, VI. Bd., Heft 7—8.) Stuttgart, Ferd. Enke, 1901. 302 S. M. 1,20. — **J. Heussi,** Leitfaden der Physik. 15. Aufl. Mit 172 Fig. Bearb. von H. Weinert. Berlin, Otto Salle, 1901. 36 S. M. 1,80. — **Hugo Fenkner,** Arithmetische Aufgaben, besonders auch aus dem Gebiete der Geometrie, Physik u. Chemie. Ausgabe A, Theil I. 4. Aufl. Berlin, Otto Salle, 1901. 256 S. M. 2,20. — **Volckmar,** Kurzes Lehrbuch der Chemie. 2. Aufl. Mit 71 Fig. Cassel, Th. G. Fischer, 1901. 292 S. M. 3. — **Rud. Schreiber,** Methodischer Leitfaden der Chemie u. Mineralogie. Mit 34 Abb. Cassel, Frdr. Scheel, 1901. 110 S. M. 2. — **Friedrich Paulsen,** Die höheren Schulen und das Universitätsstudium im 20. Jahrhundert. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1901. 34 S. M. 0,80.

Sonderabdrücke: A. Garbasso, Sopra il valore massimo e il significato fisico della funzione Tme di Maxwell. N. Cim. 5 vol. I, 1901. Pisa. — A. Garbasso, Quelques expériences sur la décharge électrique dans les gaz. Arch. des sc. phys. et nat. IV, pér. XI, 1901. — Luigi Giuganino, Sulle tensioni nell' interno di un fluido polarizzato. N. Cim. 5 vol. II. — Doyer van Cleeff, Demonstration de l'action de sels normaux sur des solutions qui contiennent des ions hydroxyle. Rec. des trav. chim. des P.-B. T. XX. — V. v. Niesiolowski-Gawin, Über einen neuen Versuch zur Dynamik. Ann. d. Phys. IV, 1, 1901. — Julius Elster, Über die Fortschritte auf dem Gebiete der Becquerelstrahlen. Jahrb. f. Photographie, 1901. — Bruno Glatzel, Quantitative Untersuchungen über Absorption u. Reflexion im Ultraviolett. In.-Diss., Erlangen, 1901. — F. Pietzker, Realismus und Idealismus im Schulunterricht. „Die Umschau.“ Juli 1901.

Himmelserscheinungen im Oktober und November 1901.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond.

		Oktober						November					
		2	7	12	17	22	27	1	6	11	16	21	26
☿	AR	13h 55m	14.19	14.40	14.57	15. 7	15. 6	14.51	14.28	14.13	14.14	14.29	14.52
	D	— 14°	— 16°	— 19°	— 20°	— 21°	— 20°	— 18°	— 14°	— 12°	— 11°	— 12°	— 14°
♀	AR	15h 0m	15.24	15.48	16.13	16.38	17. 3	17.28	17.53	18.18	18.43	19. 7	19.31
	D	— 18	— 20	— 22	— 23	— 24	— 25	— 26	— 26	— 26	— 26	— 26	— 25
☉	AR	12h 32m	12.50	13. 8	13.27	13.45	14. 5	14.24	14.44	15. 4	15.24	15.45	16. 6
	D	— 3	— 5	— 7	— 9	— 11	— 13	— 14	— 16	— 17	— 19	— 20	— 21
♂	AR	15h 15m	15.30	15.44	15.59	16.15	16.30	16.46	17. 2	17.18	17.34	17.51	18. 8
	D	— 19	— 20	— 21	— 21	— 22	— 23	— 23	— 24	— 24	— 24	— 24	— 24
♃	AR	18h 21m		18.26		18.32		18.39		18.46		18.55	
	D	— 24		— 23		— 23		— 23		— 23		— 23	
♄	AR	18h 44m						18.50					
	D	— 23						— 23					
☉	Aufg.	6h 3m	6.12	6.21	6.30	6.39	6.48	6.57	7. 6	7.16	7.25	7.34	7.42
	Unterg.	17h 35m	17.23	17.12	17. 1	16.50	16.40	16.30	16.20	16.12	16. 4	15.58	15.52
☾	Aufg.	20h 10m	0.33	6.14	11.16	14.16	16.32	21.10	1.52	7.17	11.20	13.31	16.35
	Unterg.	11h 27m	15. 5	16.54	19.42	—	6.23	12. 1	14.17	16.20	20.27	1.11	7.50
Sternzeit im mittl. Mittg.		12h 41m 53s	13.01.36	13.21.19	13.41.02	14.00.44	14.20.27	14.40.10	14.59.53	15.19.35	15.39.18	15.59.01	16.18.44
Zeitgl.		— 10m 29s	— 12.00	— 13.21	— 14.29	— 15.23	— 16.00	— 16.19	— 16.18	— 15.56	— 15.13	— 14.09	— 12.45

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Okt. 12, 14h Nov. 11, 9h	Okt. 20, 19h Nov. 19, 9h	Okt. 27, 16h Nov. 26, 2h	Okt. 4, 22h Nov. 3, 8h

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Oktober	unsichtbar	Zuletzt abends $1^1/_4$ Stunden sichtbar	Abends kurze Zeit sichtbar, am 10. nahe der Venus	Zuletzt nur noch $2^1/_4$ St. sichtbar	Zuletzt nur noch $2^1/_2$ St. sichtbar
im November	Morgens zuletzt fast 1 St. sichtbar	Abends zuletzt $2^1/_2$ Stunden sichtbar	Abends $^1/_4$ Stunde sichtbar	Zuletzt nur noch $1^1/_4$ St. sichtbar	Zuletzt nur noch $1^1/_4$ St. sichtbar

Phänomene der Jupitermonde:

Datum	M.E.Z.		Datum	M.E.Z.		Datum	M.E.Z.	
Okt. 8,	18h 35m 28s,	III E.	Okt. 15,	19h 41m 59s	IV E.	Nov. 13,	17h 48m 16s	III A.
10,	18 56 39	II A.	26,	18 15 39	I A.	18,	18 29 8	I A.
10,	19 56 52	I A.	Nov. 11,	18 49 29	II A.	20,	18 34 59	III E.

Mondfinsternis am 27. Oktober, nur am Schlufs in Berlin sichtbar. Der Mond geht um 16h 39m M.E.Z. noch teilweise verfinstert auf, tritt um 17h 5m 7s gänzlich aus dem Schatten und um 18h 26m 8s auch aus dem Halbschatten. Im Maximum beträgt die Verfinsterung 0,23 Durchmesser.

Ringförmige Sonnenfinsternis am 11. November, als partielle Finsternis in Deutschland teilweise sichtbar. Die Sonne geht hier etwa zur Hälfte verfinstert auf. Das Ende der Finsternis erfolgt in Berlin um 8h 11m, in Köln 8h 7m, in Danzig 8h 15m M.E.Z.

Veränderliche Sterne:

Datum	M.E.Z.		Datum	M.E.Z.		Datum	M.E.Z.	
Okt. 2	21h	δ Cephei-Min.	Okt. 14	20h 50m	Algol-Min.	Nov. 4	21h	η Aquil.-Min.
2	21h 57m	λ Tauri-Min.	19	0h	δ Cephei-Min.	6	19h 12m	Algol-Min.
5		R Lyrae-Max.	25	23h	δ Cephei-Min.	13	21h	ζ Gemin.-Min.
6	20h 49m	λ Tauri-Min.	29		R Lyrae-Min.	18	22h	ζ Gemin.-Max.
9	21h	δ Cephei-Max.	30	22h	η Aquil.-Max.	21		R Lyrae-Max.
10	19h 41m	λ Tauri-Min.	Nov. 3	22h 33m	Algol-Min.	30	22h	δ Cephei-Min.

Dr. F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.